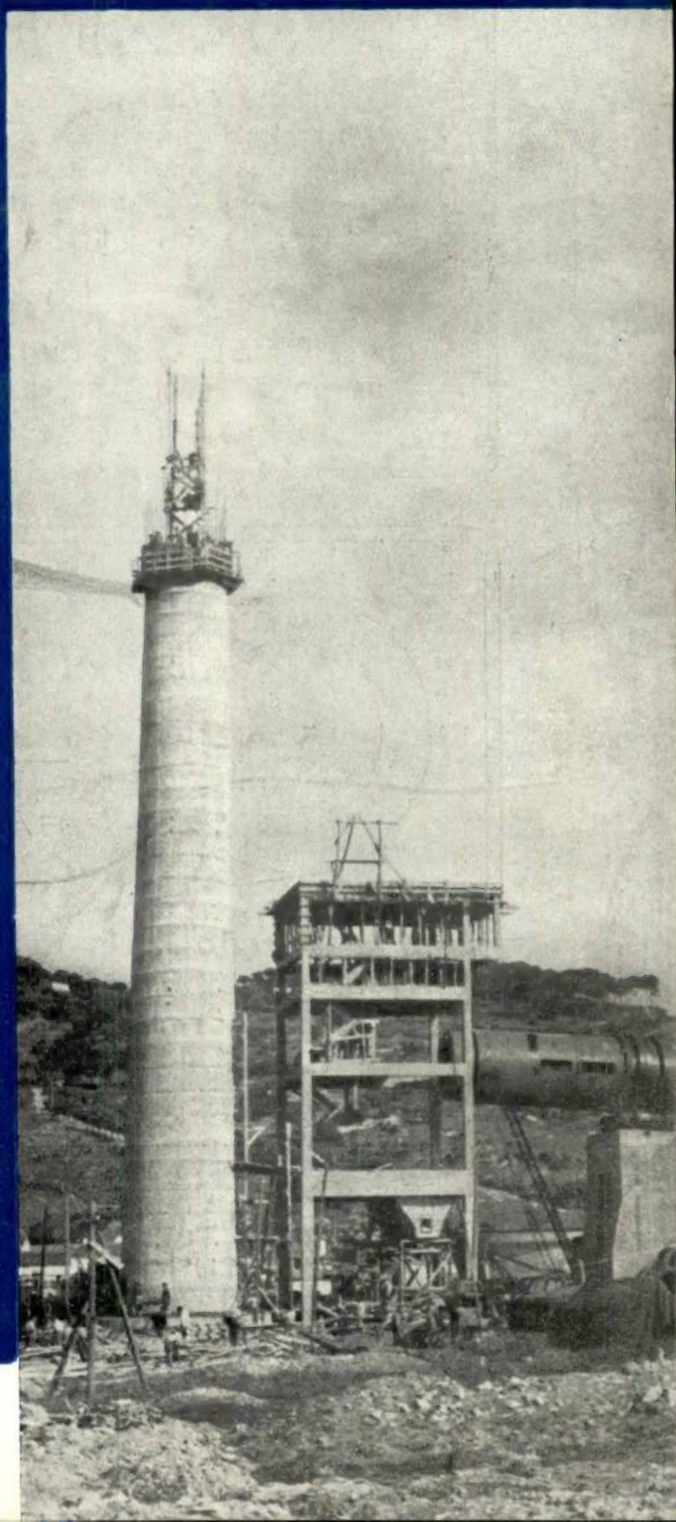
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.° 214-Julho-1951

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

Desde o
Distrito de **VIANA DO CASTELO**
ao de **LEIRIA** e nos Distritos
de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as **maiores facilidades**,

pela

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO .... 22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO.. .... 100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA... 14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 240
EM LISBOA R. António Maria Cardoso, 13, 2.º

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
214
Julho — 1951

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 70144 (linha 50)

DIRECTOR
LUIZ DA CUNHA FERRAZ

ADMINISTRADOR
MANUEL AGUDO MARQUES MAIA

CORPO REDACTORIAL
AURÉLIO GALHARDO COELHO
ROGÉRIO DA TRINDADE E LIMA
CARLOS ROSMANINHO
FERNANDO FARIA

NUMERO AVULSO 9$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	25$00	45$00	85$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	50$00	90$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Chaminé de betão armado, com 50 m de altura, do novo grande forno rotativo da C. C. Tejo. Betonagem com molde metálico único. Avanço de 1,15 m por dia. — Construída por Construções Técnicas, Ltd.ª

Págs.

Contribuição à reorganização do ensino ministrado no I. S. T. 529

Um caso curioso de deslizamento circular
Pelo Eng.º Manuel Pimentel Pereira dos Santos 605

Defesa anti-sísmica — Considerações sobre o factor sísmico
Por Abel Cardoso 613

Correias Transportadoras
Pelo Eng.º Fernando de Mello Mendes 571

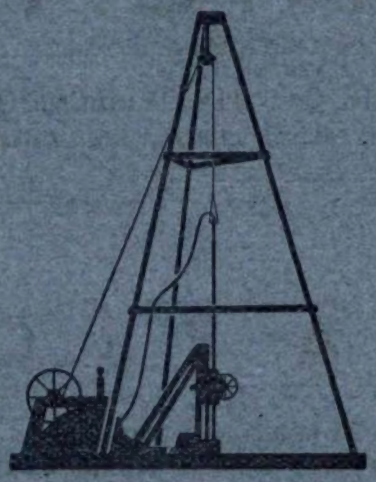
Sobre a determinação estatística do Raio Hidráulico dum material filtrante constituído por grãos soltos
Por Mário Fontoura 637

Curso sobre o emprego da cortiça nos isolamentos térmicos e fónicos
Pelo Eng.º Alfredo B. de Andrade 641

Do Mundo Técnico 650

Biblioteca 657

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES



RODIO

As melhores referências
no país e no estrangeiro

SONDAGENS RODIO, Limitada

Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «cement gun»

Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

R. S. Mamede ao Caldas, 22, 3.º — LISBOA

Tel. 2 8685

CIMENTOS PORTLAND BRANCOS

PATAIAS LUSO

Bons entre os melhores

PARA ACABAMENTOS

PEDRA ARTIFICIAL E MOSAICOS

TRABALHOS MARÍTIMOS

PISTAS E FAIXAS DE ROLAGEM

OBRAS DE RESPONSABILIDADE

Rua Vitor Cordon 1, 2.º — LISBOA

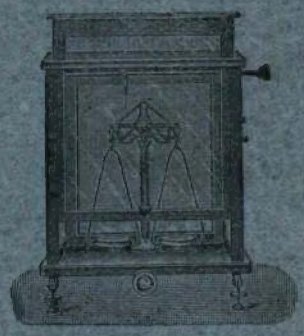
TELEFONES 30765/2 linhas

1926 XXV 1951

ANOS

AO SERVIÇO DOS TÉCNICOS

Pimentel & Casquilho, Lda.



FORNECEDORES DE:

REPARTIÇÕES DO ESTADO
OBRAS PÚBLICAS DE FOMENTO
EMPRESAS CONCESSIONÁRIAS
INSTITUTOS DE INVESTIGAÇÃO
ACTIVIDADES INDUSTRIAIS
ENGENHEIROS — ARQUITECTOS
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO

NOS RAMOS DE:

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO
MATERIAL TOPOGRÁFICO
MATERIAL PARA DESENHO
APARELHOS DE LABORATÓRIO
INSTRUMENTOS ÓPTICOS
FERRAMENTAS DE MEDIÇÃO
PAPELARIA E LIVRARIA TÉCNICAS

Rua Eugénio dos Santos, 75
R. Jardim do Regedor, 24-2.º

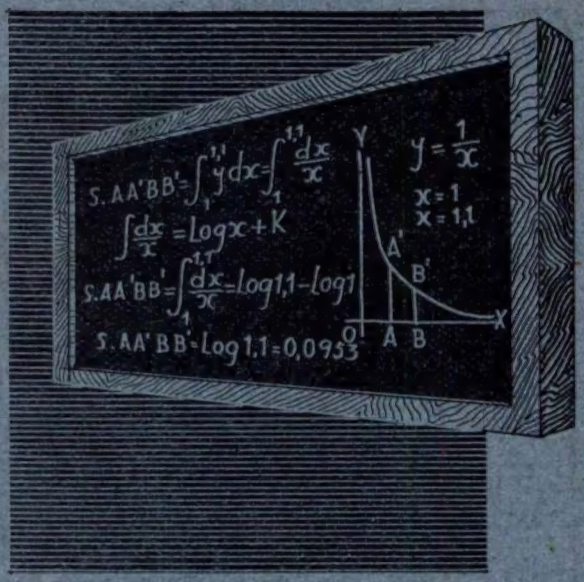
Telef. 24314 — Teleg. TECNA

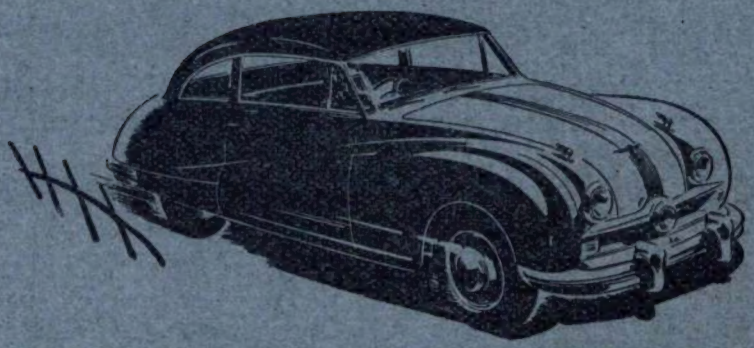
L I S B O A

Uma demonstração
Matematica
pode ter as suas dificuldades
mas
demonstrar que o AUSTIN
é um carro magnifico é facil
basta para isso:

- experimentar o carro
- ver o motor
- verificar o consumo

Imediatamente se verificará
a seguinte igualdade
AUSTIN = Automovel excelente





A 90 ATLANTIC SPORTS SALOON

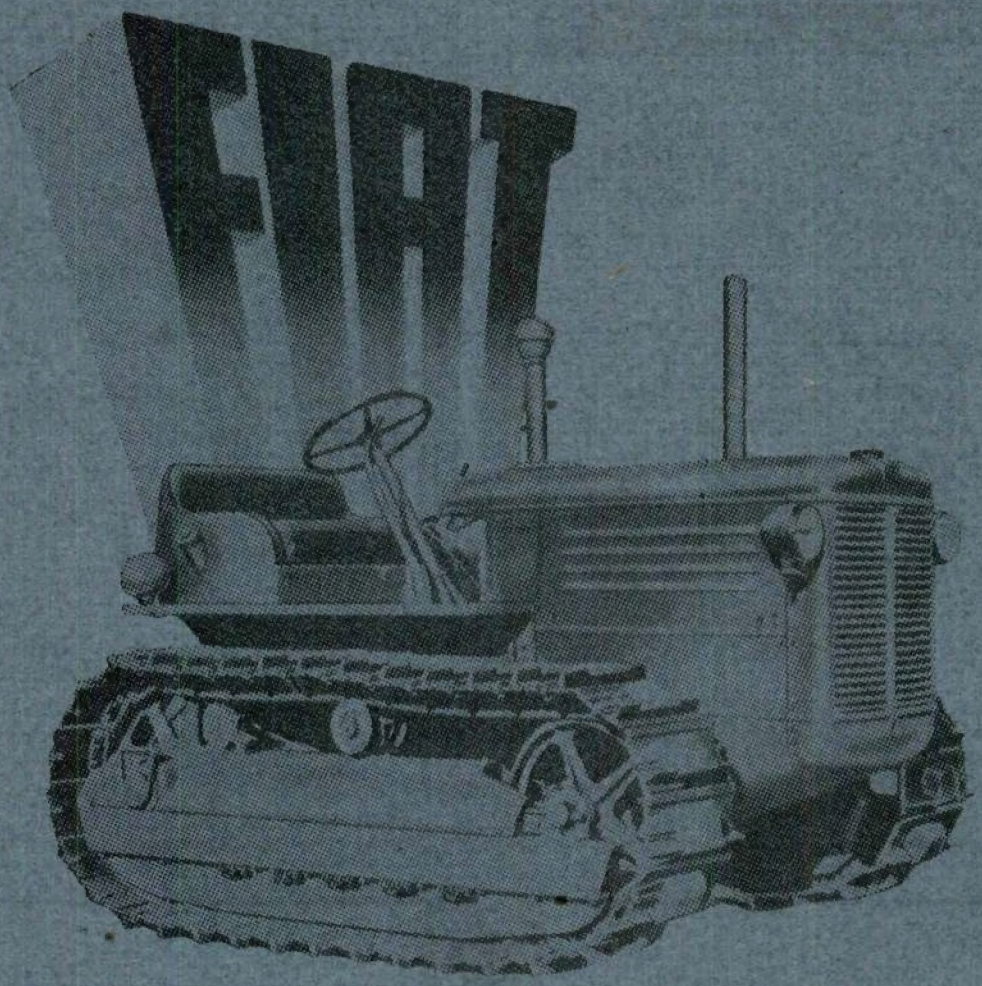
AUSTIN

Distribuidores exclusivos:

J. J. GONÇALVES, SUCRS.

LISBOA • PORTO

Agentes em todos os distritos



TRACTOR DIESEL DE 45/50 HP

"A MELHOR TÉCNICA EUROPEIA CONCEBEU O MELHOR TRACTOR"

PODE SER FORNECIDO NOS SEGUINTES MODELOS:

MODELO «55» (Rasto estreito) 1,15 m
MODELO «55 L» (Rasto largo) 1,50 m

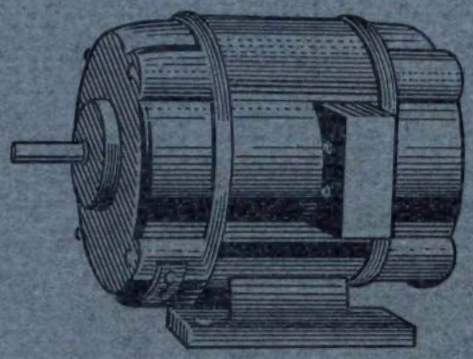
O TRACTOR IDEAL PARA A AGRICULTURA TEM TAMBÉM LARGA APLICAÇÃO NOS TRABALHOS DE ENGENHARIA CIVIL

CONSULTE OS REPRESENTANTES:

MONTEIRO GOMES, LIMITADA
RUA CASCAIS, 47 (ALCANTARA)
LISBOA

CONZ — METZENAUER & JUNG

As grandes marcas alemãs de motores e máquinas eléctricas, material de protecção e termóstatos, transformadores, etc.



SOCIEDADE COMERCIAL

MATTOS TAVARES, L.DA

LISBOA R. DOS SAPATEIROS, 39, 2.º

TELEFONES 2 5701 - 2 5704

ELECTRO-ARCO

LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

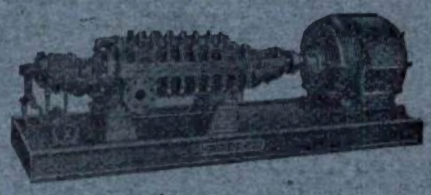
FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA

LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 63649

PORTO
RUA GUEDES DE AZEVEDO, 131 - TEL 21277

INGERSOLL-RAND, L.DA

Compressores — Material para minas
Ferramentas Pneumáticas
Bombas centrífugas — Guinchos eléctricos e a ar comprimido
Condensadores de vapor — Motores «Diesel»
Equipamentos de refrigeração



Largo do Corpo Santo, 28-2.º

LISBOA

Telef. 2 3242 / 2 9671 — Teleg. INGERSOLL

Nas Colónias
METROCOL, LDA.
LUANDA

Para equipamento de garagem
C. SANTOS, LDA.
LISBOA PORTO COIMBRA

A.S.E.A.

A GRANDE MARCA SUECA DE MÁQUINAS E APARELHAGEM ELÉCTRICA

TRANSFORMADORES

ALTERNADORES

MOTORES ELECTRICOS

EQUIPAMENTOS PARA ALTA E BAIXA TENSÃO

REPRESENTANTES:

JAYME DA COSTA, L.DA

RUA DOS CORREEIROS 14 **LISBOA — PORTO** P. DA BATALHA, 12-12 A

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

CONTRA A HUMIDADE

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651 / 4 2156 TELEG. EPALDA—LISBOA

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º—LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º—PORTO

Agentes em todo o País

Barber-Greene

CARREGADORES MÓVEIS, DE TELA OU DE BALDES
TELAS TRANSPORTADORAS FIXAS

CARREGADOR PARA AREIA, BRITA, PRODUTOS QUÍMICOS, CARVÃO, EMBALAGENS, ETC.

CARREGADOR ESPECIAL PARA CARVÃO, COM CRIVO VIBRATÓRIO E LANÇA BASCULANTE

CARREGADOR DE BALDES COM AUTO-ALIMENTADOR

HÁ UMA SOLUÇÃO BARBER-GREENE PARA CADA PROBLEMA DE CARGA OU DE TRANSPORTE DE MATERIAIS A GRANEL

CONSULTE O REPRESENTANTE EXCLUSIVO PARA PORTUGAL

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA

S. A. R. L.

AV. A, À PRAÇA DO AREEIRO, N.º 8 — LISBOA — TELEF. 70028

L. M. ERICSSON

STOCKHOLM SUÉCIA

- INSTALAÇÕES TELEFÓNICAS DE TODOS OS SISTEMAS
- SISTEMAS TELEFÓNICOS POR ALTA FREQUÊNCIA
- SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO
- INSTALAÇÕES DE VIGILANCIA E DE CONTROLE A DISTANCIA
- SISTEMAS DE RADIOCOMUNICAÇÕES E SONORIZAÇÃO, RECEPTORES
- INSTRUMENTOS DE MEDIDA E CONTADORES ELÉCTRICOS
- PRENSAS HIDRÁULICAS E MÁQUINAS PARA ENSAIO DE MATERIAIS
- CONDENSADORES PARA CORRIGIR O FACTOR DE POTÊNCIA
- MOTORES ELÉCTRICOS
- DIVERSA APARELHAGEM TELEFÓNICA E ELÉCTRICA
- FIOS E CABOS TELEFÓNICOS E ELÉCTRICOS

Agentes Gerais em Portugal:

SOCIEDADE HERRMANN L.DA

Calçada do Lavra, 6 — LISBOA

Telefones { **2 3168** / **2 3169** **Telegramas: LAVRA**

Oficina de construção e reparação de material telefónico e eléctrico

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P.

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico.

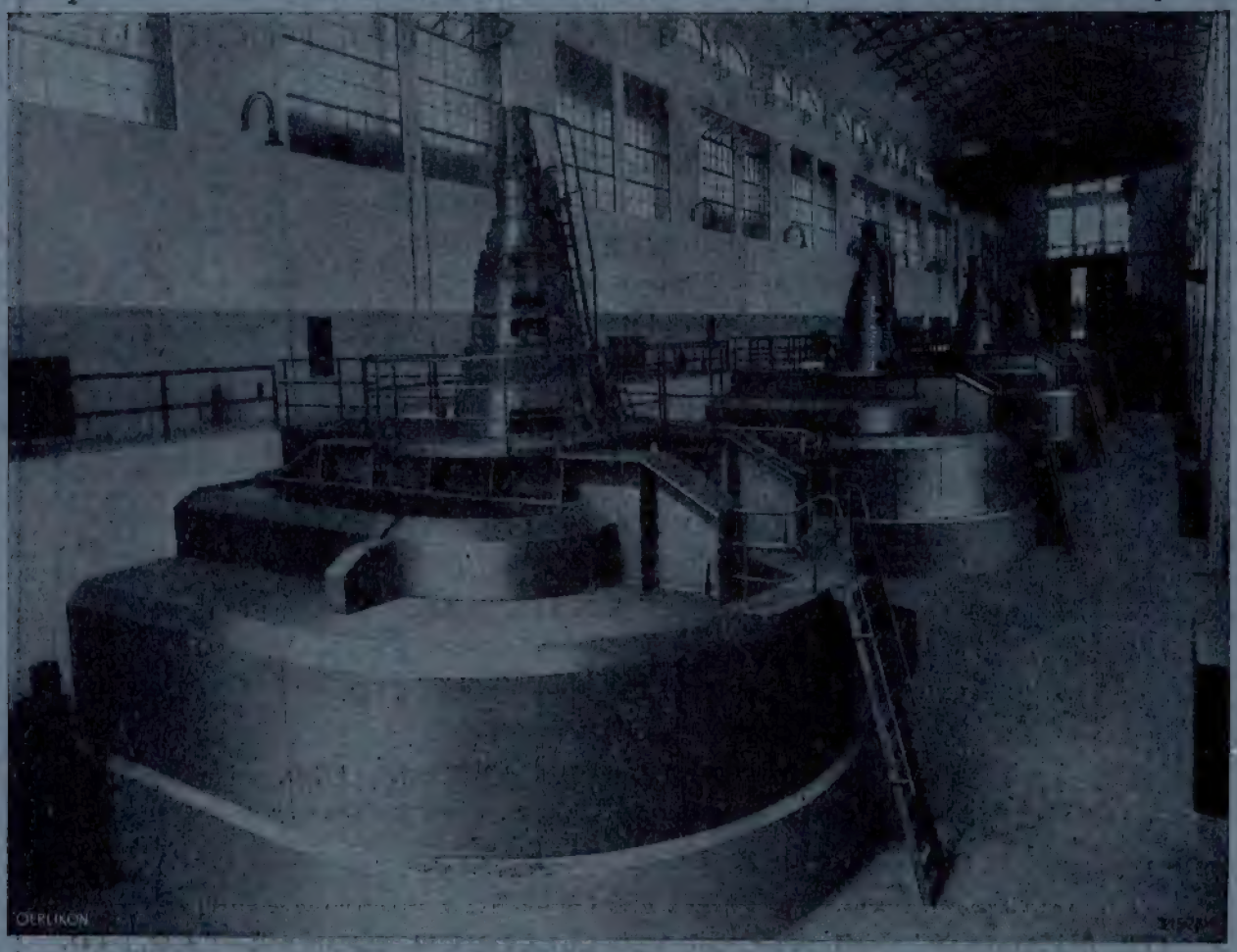
OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Porto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 21968



«Central hidroeléctrica de Flix da S. A. Saltos del Ebro, Barcelona, equipada com 4 alternadores trifásicos OERLIKON, de 11250 kVA, 6300 V., 125 r. p. m., 50 Hz., cada um»

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos completos para centrais termo e hidroeléctricas, subestações e instalações de distribuição. Accionamentos eléctricos especiais para todas as indústrias. Geradores, motores, transformadores, reguladores de indução, comutadores, rectificadores de vapor de mercúrio, equipamentos para soldadura eléctrica por arco. Electrolizadores para a produção de hidrogénio e oxigénio. Aparelhos de manobra e protecção para alta e baixa tensão, reguladores automáticos de tensão, relés, pára-raios. Turbinas de vapor e turbo-geradores, ponte-gruas, compressores. Equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras, veículos diesel-eléctricos, locomotivas de acumuladores, tranvias, troleibus, funiculares e teleféricos, etc.

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON

ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

TÉCNICA

LUIZ DA CUNHA FERRAZ
DIRECTOR

ANO XXVI-N.° 214 JULHO 1951

CONTRIBUIÇÃO À REORGANIZAÇÃO DO ENSINO MINISTRADO NO I. S. T.

(Conclusão)

Extracto duma publicação da A. E. I. S. T.
C. D 378

D — *Dos alunos*

1 — *Limitação da frequência: exames de admissão; equivalências e precedências*

A concentração elevada de conhecimentos e a especialização pronunciada dos cursos de engenharia tornam necessário assegurar que no Instituto ingressem apenas aqueles que possuem uma preparação adequada e a capacidade indispensável para seguirem com aproveitamento os programas nele ministrados. As objecções mais vulgares contra a limitação da frequência, que existe em quase todas as boas universidades, resumem-se essencialmente em preferir a quantidade à qualidade.

A frequência da Escola deve ser limitada para que não seja excedida a sua capacidade de absorpção tanto no que diz respeito a professores e assistentes, como a aulas e laboratórios. Além disso, no momento em que se considera exagerada a afluência aos cursos superiores, tudo o que a facilitar deverá ser repudiado.

O argumento mais sério contra limitação da frequência é que esta constituia um fracasso se a selecção não fosse justa e não avaliasse a capacidade e as aptidões dos alunos para frequentarem um curso de engenharia. Por isso, não basta que nos exames de admissão sejam analisados os conhecimentos de matemática, física e desenho dos candidatos. Visto que a adopção duma profissão é uma das decisões mais críticas da juventude e da sua escolha criteriosa e realizada com confiança depende, em grande parte, o interesse pela preparação profissional, devia também ser exigido aos que quisessem ingressar no Instituto «a permanência, durante um ou dois períodos das férias grandes, em obras, onde pudessem familiarizar-se com os problemas de engenharia e determinarem com a sua responsabilidade e experiência se esses problemas e essa vida os atraem». Deste modo, «antes de se decidirem pelos cursos de engenharia, os estudantes podiam ter um conhecimento pessoal e directo das actividades reais e da prática da profissão para a qual sentissem atracção» (1).

Os candidatos aos exames de admissão deviam apresentar um relatório das suas actividades e conclusões destes tirocínios e naqueles, estava incluída uma prova oral em que deviam ser analisadas as razões porque os alunos tinham preferido a profissão de engenheiro e avaliadas as suas aptidões psicológicas para o bom desempenho desta.

(1) Official Register of Harvard University: Graduate School of Engineering 1940-41.

Os exames de matemática, física e desenho deviam tornar-se obrigatórios para todos os candidatos, porque se nota frequentemente que os bons alunos dos liceus, onde o ensino é predominantemente verbalista, nem sempre são os mais aptos para seguirem um curso de engenharia, onde o ensino é essencialmente prático.

Quanto às equivalências, além de julgarmos indispensável a aplicação dos princípios já mencionados no capítulo referente aos planos de estudo, queremos salientar que o Instituto é, e deve continuar a ser, uma Escola talhada nos moldes das boas universidades de engenharia em todo o mundo, caracterizadas por possuirem cursos preparatórios simultâneamente com os de especialização, o que assegura a unidade pedagógica, condição indispensável à formação dos alunos e à criação do espírito da escola, que tonifica e estimula o ambiente de estudo.

Por isso, a organização e os programas das cadeiras do Instituto diferem dos das outras universidades do País que ministram o ensino de engenharia: as Faculdades de Ciências e a F. E. P.

As Faculdades de Ciências devem ter por objectivo o ensino da Ciência e o desenvolvimento da investigação científica que está, entre nós, ainda no estado embrionário. No entanto, estas Faculdades têm outra finalidade que é a de serem afluentes das universidades de engenharia. Contudo, a formação científica de alunos de engenharia não pode ser adquirida pelo estudo de cadeiras que interessam simultâneamente a matemáticos, físicos, químicos, etc., porque o ensino das cadeiras básicas de engenharia deve ser orientado, não no sentido da especulação teórica mas antes com a preocupação dominante de facilitar a sua aplicação à formação de engenheiros.

Além da diferente orientação do ensino teórico, existe outra grande divergência, que reside na importância que se dá ao ensino prático no Instituto e nas Faculdades de Ciências. Nestas e tomando como exemplo a de Lisboa, há para cada uma das cadeiras de matemática 4 horas semanais de exercícios contra 6 no Técnico, o que nos três anos preparatórios perfaz cerca de 300 contra 450. Em física e em química a diferença é a mesma e além disso, os trabalhos práticos têm índole bastante diferente. Em desenho, há 200 contra 300.

Contando com as oficinas, existe no total, cerca de 600 horas de prática a mais no Técnico, o que torna manifestamente injusta a equivalência destas cadeiras.

Por tudo isto, é necessário que torne a vigorar o artigo 11.º do Regulamento: «Aos alunos que tenham cursado fora do I. S. T. disciplinas equivalentes às do curso geral do mesmo I. S. T. serão exigidas, num exame de admissão, provas práticas das disciplinas para as quais essa equivalência estiver estabelecida».

Mesmo no caso das Faculdades de Ciências modificarem os seus cursos, adaptando-os às características dos preparatórios de engenharia ministrados no Técnico, devem manter-se os exames de equivalência, porque reputamos fundamental que competa ao Instituto «seleccionar os futuros alunos e verificar a sua aptidão, venham eles donde vierem» [1].

Quanto à Faculdade de Engenharia do Porto, como já o fizemos notar, é necessário que, em vez de tentar organizá-la pelos mesmos moldes do Instituto, se proceda á elaboração dos seus planos de estudo de modo a que as nossas duas escolas superiores de engenharia se completem, formando especialistas em ramos distintos da Técnica. As especializações que competia a cada escola eram determinadas pela realização dos citados inquéritos a engenheiros e industriais conhecedores das necessidades da nossa indústria e fixados de acordo com as condições especiais das suas sedes.

No entanto, era preciso salvaguardar os casos em que os alunos duma Escola quizessem transitar para a outra e, para isso, deviam ser previstos exames de equivalência

---

[1] «A questão de equivalência de cadeiras preparatórias de Engenharia» — Separata da Técnica — 1939.

para as cadeiras do curso geral e para as matérias técnicas comuns a ambas as Escolas; este procedimento deve adoptar-se mesmo nas condições actuais, porque era um meio de evitar perturbações na vida normal das Escolas e de submeter os alunos a uma orientação pedagógica definida.

Outra questão que suscita sempre muitos comentários é a das precedências. Em nosso parecer, desde que os planos de estudo estejam estabelecidos de modo a que o conjunto das matérias de cada ano constitua um todo orgânico, que vise à formação completa dos alunos, reputamos antipedagógico que os alunos passem de ano, sem conseguirem obter aprovação em todas as cadeiras.

2 — *Dedicação exclusiva ao estudo: condições necessárias ao êxito desta medida*

Outro dos grandes males das nossas universidades consiste em que os alunos não se dedicam exclusivamente às ocupações universitárias, procurando, principalmente nos cafés, noutros centros de distracções triviais e em trabalhos de índoles diversas, motivos para se esquivarem às actividades necessárias à sua formação completa. A aquisição desta exige um trabalho intenso e constante, a consciência da missão individual, social e profissional de homens e de universitários, a identificação entre a vocação e a profissão escolhida e a criação das condições necessárias ao desenvolvimento integral dos alunos. Estas últimas condições devem sobretudo orientar a expansão das inquietações espirituais dos alunos e a promoção da sua cultura física; para isso, além da existência de bons professores e assistentes, de seminários de estudo, de laboratórios, de museus, de bibliotecas culturais, da conveniente organização dos planos de estudo, etc., é indispensável a construção duma cidade universitária.

3 — *Formação do ambiente necessário ao desenvolvimento intelectual, moral e profissional dos alunos: cidade universitária; sua necessidade; situação económica dos alunos; vida desportiva.*

Os universitários devem ser os agentes catalíticos, que uma vez disseminados no seio da sociedade, provocam reacções que contribuem para a elevação moral, intelectual e material do País.

Contudo, para as universidades formarem intelectual e moralmente, dum modo de facto eficaz, é necessária a criação dum ambiente moral e intelectual muito mais elevado do que o da restante colectividade. Este ambiente pode ser criado numa cidade universitária isolada das distracções, da vida agitada e dos núcleos de corrupção e vazios de ideias que se reunem nas grandes cidades, de modo tal que os alunos adquiram hábitos edificantes e aprendam a amar certos ideiais e deveres, que são a origem do progresso de toda a Nação.

A cidade universitária permite também estreitar as relações sociais e intelectuais entre os professores e os alunos e é a solução para o estabelecimento de condições económicas equitativas entre os estudantes.

A selecção universitária deve ser estabelecida exclusivamente sobre a capacidade intelectual e moral dos estudantes, não devendo, em caso algum, constituir um previlégio especial para os que são dotados de fortuna ou de condições particulares de nascimento ou apelido. No entanto, embora não sejam aristocráticas, as universidades portuguesas opõem grande número de obstáculos económicos aos que, sendo capazes, não possuem recursos materiais para a sua frequência. Não se trata do pagamento das propinas, porquanto o seu montante não é, actualmente, elevado e ainda porque as isenções concedidas

beneficiam grande número de estudantes. Trata-se antes doutra causa: é a existência da desigualdade de condições económicas entre os estudantes que vivem nas cidades onde existem universidades e aqueles que vivem fora delas. Não é o mesmo, sob o ponto de vista económico, formar, por exemplo, um engenheiro, filho de uma família que vive em Lisboa ou doutra que habita na província, nas ilhas ou no Ultramar. Neste último caso, os estudantes têm de viver numa pensão que não lhes custa menos de 1 000 escudos mensais mas, sem dúvida, não há motivos especiais que justifiquem um desenvolvimento intelectual e moral dos estudantes que vivem em Lisboa de tal ordem que lhes seja concedido o previlégio de terem acesso fácil ao ensino universitário.

Com a criação duma cidade universitária, que beneficiasse econòmicamente os estudantes cujas famílias residam fora dos locais das universidades, ficavam eliminados os factores que orientam a classificação ridícula que, em parte, preside à selecção universitária: capacidade económica e lugar geográfico em que vivem as famílias dos alunos.

As cidades universitárias eram também o meio mais eficaz de proporcionar aos estudantes um ambiente de distracções elevadas. Actualmente, como os estudantes não são ricos têm que procurar divertir-se nos piores lugares, de modo que a formação moral que as universidades dispensam é, até certo ponto, negativa.

Outro factor a ter em grande conta para a criação de cidades universitárias é a educação física dos alunos. O vigor da inteligência e da vontade não deve estar divorciado da força física. Para ser homem, é necessario estar habituado aos rigores físicos, possuir tenacidade e energia corporais o que se pode adquirir nas competições desportivas entre escolas diferentes.

Em o nosso Instituto já há muito foi encarada a possibilidade de criação dum lar universitário para os alunos, existindo, inclusivamente, o terreno necessário à sua construção. A realização deste objectivo não tem, com certeza, obstáculos intransponíveis, pelo que esta seria outra cláusula a considerar em qualquer reforma.

Deviam também ser aumentadas as bolsas de estudo concedidas aos estudantes cujas famílias residissem fora dos centros universitários. Outra conclusão do citado inquérito realizado pela revista *Fortune* dizia que «também oscilaram por metade aqueles pareceres que solicitariam mais fundos para bolsas de estudo, com o fim de auxiliar os estudantes distintos, que por razões económicas não podessem continuar os seus estudos; dado que muitos cientistas provieram de famílias modestas, esta última sugestão foi defendida com grande fervor».

Entre nós, a vida desportiva tem adquirido um carácter progressivo, graças às iniciativas da Associação dos Estudantes e à cooperação da Direcção da Escola. Em qualquer reforma a estabelecer, devia ser encarada a possibilidade de inclusão no horário de intervalos destinados à prática da cultura física, para todos os alunos. O Técnico possui instalações e ambiente excelentes para a vida desportiva, necessitando o seu incremento apenas da permissão de horas disponíveis.

4 — *Alunos ordinários e livres*

Os alunos deviam ser classificados em duas grandes categorias: alunos ordinários eram aqueles que frequentaram o Instituto em condições normais; alunos livres eram aqueles que, embora desejando frequentar o Técnico, não podessem, por qualquer motivo, estar sujeitos ao regime normal de aulas. A estes, era concedido o previlégio de poderem frequentar, no mínimo, duas caldeiras por ano, assistindo obrigatòriamente às aulas práticas e estando sujeitos ao mesmo regime de exames dos alunos ordinários.

E — *Da Direcção*

1 — *Director*

O Director do I. S. T., escolhido entre os professores ordinários, por votação destes, é o responsável perante o Governo, pela regularidade dos serviços escolares e administrativos.

A principal missão do Director devia consistir em manter «o fogo sagrado», que anima a vida da Escola, incitando professores e alunos e influenciando com a sua presença e saber as diferentes actividades escolares. O director devia proceder à escolha dos candidatos a professores e para isso, necessitava possuir as aptidões indispensáveis à arte difícil, que poucos conhecem, de seleccionar os mais aptos para determinadas funções e um conhecimento profundo dos valores científicos, técnicos e pedagógicos existentes na engenharia nacional e no estrangeiro

Visto ser um cargo de certo modo especializado e que requer características específicas, não era conveniente que fosse renovado com frequência, pelo que a sua nomeação devia ser feita por tempo indeterminado.

Para o bom desempenho da sua missão, o Director devia ser dispensado da frequência às aulas práticas.

Em colaboração íntima com o Director, trabalhavam um vice-Director, um Tesoureiro e um Secretário, todos professores ordinários, que superintendiam à administração e a todas as actividades burocráticas.

2 — *Conselho Directivo*

O Conselho Directivo, formado por um professor de cada especilidade e presidido pelo Director, devia, em substituição do Conselho Escolar, constituir a autoridade suprema em matéria legislativa e pedagógica.

Já em 1 431, o Papa Martinho V, quando substituiu no governo das universidades de então, os claustros gerais constituídos por professores e delegados de estudantes, por um corpo formado por vinte «definidores», alegou como razão do seu procedimento «que com poucos e bem escolhidos se superintendem melhor os negócios do que com muitos», sobretudo nos povos latinos, afectados da verbosidade de oratória, que gastam uma hora em dizer o que só exige um minuto.

Cada membro do Conselho Directivo ficava responsável pelas actividades realizadas no Pavilhão do seu respectivo curso; deste modo, era possível estabelecer uma coordenação e uma orientação mais definidas no desenvolvimento das actividades escolares e de investigação, era exercida uma fiscalização mais directa e uma administração mais eficaz.

Os membros do Conselho Directivo eram os presidentes das comissões pedagógicas.

3 — *Do Conselho Escolar*

O Conselho Escolar era formado por todos os professores, por delegados dos assistentes e por um delegado dos estudantes, mas apenas os professores ordinários possuiam voto deliberativo.

Tinha por funções principais eleger o Director, os membros do Conselho Directivo, os juízes das provas de recrutamento de professores, os vogais das comissões especiais e julgar as faltas cometidas pelos professores, quando infringissem os regulamentos.

4 — *Comissões especiais: pedagógicas; disciplinares; desportivas, etc.*

De colaboração com o Conselho Directivo, actuavam comissões permanentes especializadas em certas actividades escolares.

Assim, era necessária a existência de comissões pedagógicas em cada curso, presididas pelos membros do Conselho Directivo, constituídas por todos os professores, que procediam à realização dos inquéritos citados, deliberavam sobre modificações a introduzir nos cursos e nos programas das cadeiras, elaboravam os programas dos exames de admissão e pronunciavam-se sobre a equivalência das habilitações dos candidatos à primeira matrícula.

As comissões disciplinares faziam cumprir as disposições das leis e regulamentos em vigor e procediam ao julgamento das faltas graves cometidas pelos alunos e pelo pessoal do Instituto.

As comissões desportivas, presididas por um professor e constituídas por alunos, superintendiam às actividades desportivas.

Devia existir uma comissão social destinada a estudar os problemas sociais dos alunos, tais como, assistência médica, construção do lar universitário, etc., presidida também por um professor que actuava de colaboração com os estudantes.

A comissão de publicações editava os livros de texto e trabalhos da autoria do corpo docente.

A comissão da biblioteca, também com delegados dos alunos, tinha por missão desenvolver e coordenar a biblioteca.

F — *Da autonomia pedagógica, administrativa e económica*

A autonomia do Instituto, considerada no seu múltiplo aspecto — pedagógico, económico e administrativo — devia ser cada vez mais ampla, para que o ensino progredisse e os professores não se transformassem em funcionários públicos, talvez impregnados daquele «delírio burocrático do comum dos portugueses», que tende a deixar o ensino estagnado, pois o patrão é «imaterial, quase uma imagem».

A autonomia, ao mesmo tempo que impõe responsabilidades efectivas ao corpo docente, dispensa do pedido de autorização, de informações oficiais, de uma série interminável de formalidades burocráticas, em que se consome muito papel, se perde imenso tempo e se dispendem energias que podiam ser empregadas na elevação do ensino.

O princípio da autonomia absoluta em questões de matéria pedagógica tem produzido os melhores resultados, nos momentos em que tem sido aplicado, desde que, claro está, se verifique a condição de «os professores terem devoção pelo seu mister e vivo interesse pelo futuro dos seus alunos» (1).

Sob o ponto de vista económico, o Instituto devia possuir completa autonomia em realizar as despesas que fossem julgadas indispensáveis à evolução progressiva do ensino, devendo o Governo coadjuvar o mais possível este esforço, não interferindo directa ou indirectamente na administração financeira, a não ser nos casos em que a Direcção do Instituto não justificasse devidamente as contas.

Entre nós, a autonomia escolar, «evidentemente antipática à burocracia, que nela parece ver um atentado à sua omnipotência oculta» (2), tem sofrido, ùltimamente, vários atropelos, precisamente naqueles pontos que o Conselho Escolar costuma defender com justiça. É contra estes atropelos que devemos protestar enèrgicamente.

---

(1) Notas Histórico Pedagógicas sobre o I. S. T.

(2) Idem.

Visto que em Portugal, é ao Estado que está subordinado o ensino público, é justo que competa ao Governo o estabelecimento da unidade na educação. Porém, é um erro confundir unidade com uniformidade; esta confusão verifica-se com frequência naqueles que concebem esta como um sistema produtor de profissionais que sejam, acima de tudo, engrenagens perfeitas para a maquinaria industrial, o que está em oposição nítida com a própria educação preconizada pelo Estado Português.

A unidade é orgânica e exige coordenação e variedade, ao passo que a uniformidade é inorgânica e sem vida. Foi contra esta tendência avassaladora da uniformização, que conduz à estagnação do ensino, que o Dr. Alfredo Bensaúde lutou incansàvelmente, desistindo com este desabafo, que exprime o estado de depressão em que se encontrava o seu ânimo de lutador: «Com o Parlamento aberto ou em ditadura, é sempre a mesma coisa... afigura-se-nos inútil continuar a luta...»

Actualmente, compete a todos nós continuar os seus esforços e aperfeiçoar a sua obra. Saibamos pois, ser seus discípulos condignos.

G — *Considerações finais*

Não ambicionamos que estas considerações tenham produzido alguma fórmula maravilhosa que eleve por milagre o nosso Instituto.

Pretendemos apenas preconizar certos princípios e indicar certas directrizes, de modo a que o I. S. T. contribua eficazmente para a formação duma mentalidade nova que fará ressurgir o País.

Para isso, é necessário que sejam desde já adoptadas certas medidas que conduziam a uma elevação sensível: aperfeiçoamento do corpo docente, facilitando a missão dos professores que quizessem dedicar-se exclusivamente ao ensino, começando por aqueles que assim já procedem; obrigatoriedade da frequência dos professores às aulas práticas e da elaboração de livros de texto; desenvolvimento dos trabalhos laboratoriais e introdução da investigação científica na hierarquia das funções universitárias; criação de seminários de estudo; averiguação dos meios e métodos que tornam possível a formação integral de alunos de engenharia: neste problema delicado não devia desprezar-se a experiência alheia: um caminho a seguir podia ser o adoptado pelo Massachusetts Institute of Techonology: «O Instituto tomou consciência de que educa tanto para a vida como para uma profissão»... «Depois de cuidadosa consideração do problema, o Instituto decidiu que é importante conservar o equilíbrio que existe actualmente entre os cursos profissionais e os temas culturais como inglês, línguas modernas, humanidades e ciências sociais» [1]; realização de inquéritos a engenheiros e industriais competentes, de modo que os planos de estudo satisfaçam às necessidades do País; possibilidades de introdução dos planos de estudo elásticos; colaboração activa do corpo docente na realização dos tirocínios; implantação de exames de aptidão e de equivalência; construção do lar universitário; admissão de duas categorias de alunos; reorganização do governo do Instituto; reaquisição da autonomia.

É este um vasto programa, que para ser cumprido, exige a colaboração de professores, engenheiros e alunos; a sua realização tem um ponto vulnerável: proceder-se ao arranque da inércia de alguns anos; o difícil será começar.

Se, por desgraça, não se vislumbrarem sinais de cooperação, cabe então à juventude a renovação salvadora.

Mas para acender na mocidade a chama do ideal e do entusiasmo, é necessário colocá-la em contacto com almas candentes; se estas não existirem entre nós ou se não

---

[1] Traduzido do Massachustts Institute of Technology Bolletin — Junho — 1942.

for possível ir buscá-las a países estranhos, então só há um caminho a seguir: enviar os jovens diplomados a estudarem junto dos mestres e escolas estrangeiras consagradas; foi esta a solução adoptada pelo Japão com outros propósitos que não são os nossos, enviando os universitários para a Alemanha, e os resultados puderem ser observados na última conflagração mundial.

Quando essa mocidade regressasse à Pátria, reagia contra a rotina, possuia uma mentalidade nova e criava um Portugal Novo, por uma revolução invisível e silenciosa, sem discursos inflamados, sem aberrações demagógicas e sem inflacções partidárias.

Resta averiguar outro aspecto importante, para qne se realizem os princípios e iniciativas indicados: a questão económica.

Para a sua solução, afigura-se-nos viável um caminho que consiste em animar e reunir por toda a parte as boas vontades dos particulares, especialmente dos antigos discípulos do Técnico, interessados em promover o progresso no I. S. T. e constituir com eles uma liga que colaborasse com o corpo docente e contribuisse financeiramente para a elevação do ensino; esta ideia já foi preconizada pelo Dr. Alfredo Bensaúde e tinha esperanças tais na sua realização que chegou a dizer: «O nosso maior desejo, ao abandonar a Direcção do Instituto, depois de dez anos de esforços e de lutas, é que este apelo (constituição da liga) seja ouvido pelos antigos discípulos, que, depois de terem honrado a Escola como bons alunos, laboram hoje no levantamento da indústria portuguesa, condição essencial para o renascimento do País, pobre e arruinado mas que tem em si todos os elementos materiais de prosperidade».

A realização desta iniciativa tem de fundamentar-se num acto de fé em os nossos professores e no futuro do Instituto, «alma mater» dos seus diplomas e alunos.

Para terminar, resta-nos dizer: «Muito se tem andado, mas é preciso não parar; é preciso lutar contìnuamente contra a falta de elevação nas ideias e atitudes; contra essa mediocridade de processos que atinge, por vezes, as inteligências mais altas e os valores mais sérios» [1], para que o Instituto cumpra a sua missão: ministrar aos alunos uma educação que tenha em conta a sua condição de homens e uma instrução desenvolvida e adaptada às necessidades da técnica e da indústria nacionais, de modo a que trabalhem com dedicação, sem descanso ... com raiva, enquanto uma mulher tiver fome, houver um homem sem trabalho ou chorar de frio uma criança ...

---

[1] «Dr. Oliveira Salazar» — António Ferro.

UM CASO CURIOSO DE DESLIZAMENTO CIRCULAR

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) MANUEL PIMENTEL PEREIRA DOS SANTOS

Director do Laboratório de Ensaios de Materiais
e Mecânica do Solo (Lourenço Marques)
Antigo Assistente da Faculdade de Ciências
da Universidade do Porto

C. D. 624.131.54

1 — Localização

A povoação da Manhiça fica situada a 80 quilómetros de Lourenço Marques, sobranceira ao Rio Incomati, que corre ao longo duma extensa escarpa de forte declive e com alturas da ordem dos 35 a 40 metros (fig. 1). O vale, fertilíssimo, espraia-se a perder de vista, com as suas terras ubérrimas periòdicameute devastadas pelas cheias. Ali se pode apreciar um dos panoramas mais impressionantemente belos de todo o Sul do Save.

Fig. 1 — Um aspecto da escarpa onde ocorreram alguns dos deslizamentos.

Toda a escarpa estava coberta de densíssima vegetação, incluindo algumas árvores e numerosos arbustos, que contribuiam certamente de maneira poderosa para a sua estabilidade.

Em fins de Janeiro e princípios de Fevereiro de 1 950, uma série de ciclones tropicais assolou, com pequenos intervalos, a costa sul de Moçambique, estendendo os seus efeitos à larga faixa litoral. Chuvas torrenciais caíram durante dias a fio, acompanhadas de ventos de excepcional violência. Grande parte da vegetação da escarpa foi arrancada ou destruída. Ocorreram então vários deslizamentos que precipitaram no rio volumes consideráveis de terras. Mas ao passo que, na parte da escarpa mostrada na figura 1, esses deslizamentos foram apenas superficiais e acusavam o efeito erosivo das águas correntes (o ângulo do talude era superior ao ângulo de atrito interno), fenómenos de natureza diferente tiveram lugar na zona mais próxima da povoação. Aí, as superfícies de deslizamento situaram-se muito mais profundamente e o acontecido não pode atribuir-se à acção de águas superficiais (o declive do terreno é precisamente no sentido inverso).

2 — Descrição

Três dos mais notáveis deslizamentos deste tipo situaram-se na imediata vizinhança da casa hoje habitada pelo Secretário da Circunscrição, dotada de valor histórico por aí terem pernoitado, nas suas andanças heróicas, alguns dos vultos desta-

cados da epopeia da Ocupação. Um desses deslizamentos apresentava-se mesmo sob o pátio da referida casa (fig. 2 e 3). A pouco

Fig. 2 — Deslizamento que atingiu a estação de bombagem. Ao fundo vê-se a instalação provisória para o grupo motor-bomba.

Fig. 3 — Aspecto do mesmo deslizamento, visto de baixo para cima.

mais duma dezena de metros para um e outro lado, tiveram lugar dois outros deslizamentos do mesmo tipo (fig. 4 e 5).

Na verdade, toda uma longa zona da escarpa se encontrava em movimento, apresentando as nítidas características dos deslizamentos circulares. Podia verificar-se o

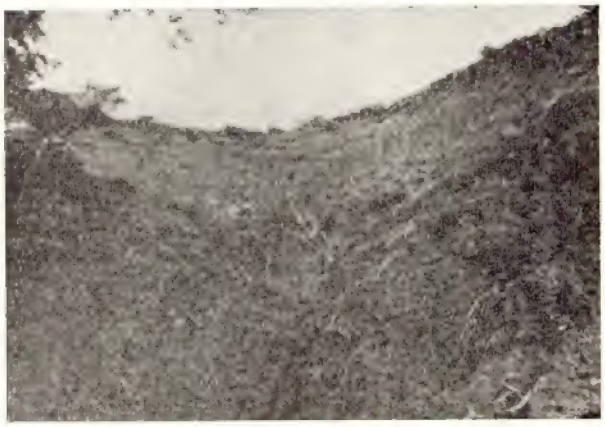


Fig. 4 — Outro deslizamento.

Fig. 5 — Outro deslizamento, situado nas proximidades dos dois anteriores.

aparecimento de fendas na parte superior do talude (fig. 6) e o avanço de massas de solo na sua base (fig. 7 e 8).

Fig. 6 — Fendas características no alto do talude.

Fig. 7 — Avanço das terras no pé do talude.

No que se segue, analisaremos o deslizamento central, idêntico aos adjacentes.

A fig. 9 representa o perfil desse deslizamento, mostrando simultâneamente o perfil anterior do solo. Como se vê, o fenómeno envolveu o deslocamento de muitas toneladas de terra, que se precipitaram no rio, sendo arrastadas pela cheia.

Um primeiro aspecto que convém frizar é de que *a superfície de deslizamento ficou pràticamente exposta,* permitindo fácil exame. Isto foi motivado pela proximidade do rio que, como se disse, recebeu em si as massas do solo deslocadas, levando à sua frente a estação de bombagem.

Fig. 8 — Outro aspecto do mesmo fenómeno.

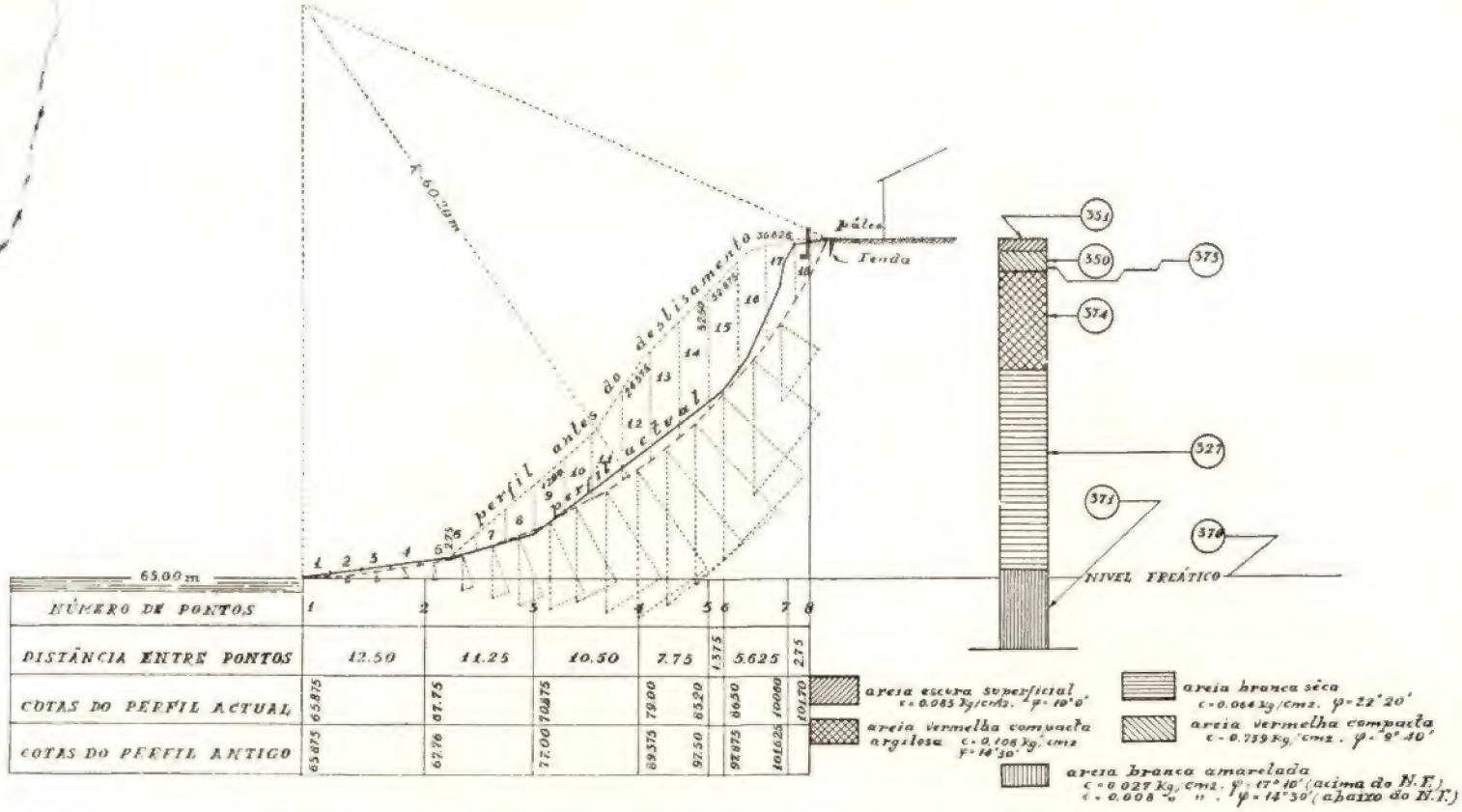
Depois, verifica-se (fig. 9) que *um círculo de raio 60,20 m se ajusta perfeitamente à superfície de deslizamento;* na verdade, a camada superior que não se desprendeu ainda acusa os efeitos da presença de árvores que não foram arrastadas, do muro e do pátio cimentado, havendo neste, de resto, fendas superficiais.

Trata-se assim dum caso curioso de deslizamento circular, ocorrido em terreno fortemente arenoso e de que não cremos haver muitos exemplos, se alguns há, na literatura técnica.

DESLIZAMENTOS NA MANHIÇA

ESCALAS

HOR. 1/750
VERT. 1/750



NÚMERO DE PONTOS	1	2	3	4	5	6	7	8
DISTÂNCIA ENTRE PONTOS	12.50	11.25	10.50	7.75	1.375	5.625	2.75	
COTAS DO PERFIL ACTUAL	65.875	67.75	70.875	79.00	83.20	86.50	100.80	101.70
COTAS DO PERFIL ANTIGO	65.875	67.76	77.00	89.375	97.50	98.875	106.625	

3 — Estudo dos solos

No estudo dos solos, utilizou-se, além do exame directo onde foi possível, o equipamento ligeiro de sondagens mostrado na figura 10. Este equipamento, fàcilmente manejável e transportável, tem prestado excelentes serviços, permitindo a colheita de amostras (mesmo amostras inalteradas) em tipos muito diferentes de solos.

A figura 11 permite apreciar a sonda montada, numa das fases do trabalho.

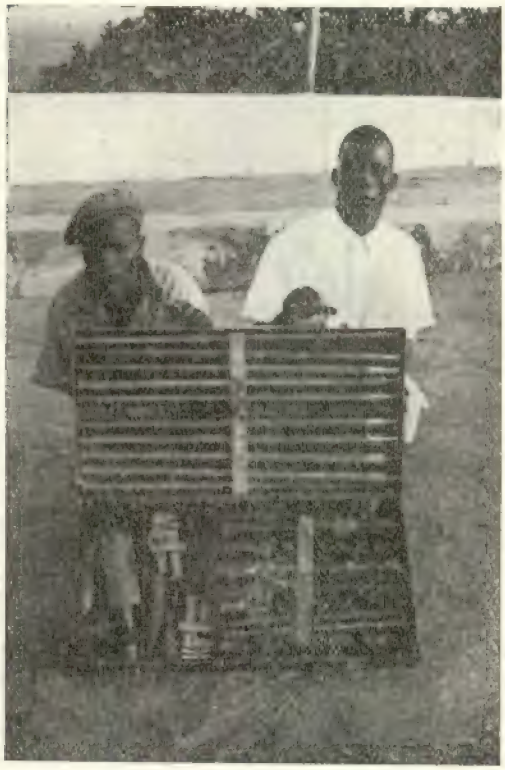


Fig. 10 — Equipamento ligeiro de sondagens usado no Laboratório.

Fig. 11 — Sonda montada para abertura de furos profundos

Na determinação das resistências ao corte, utilizaram-se o aparelho de corte por translação, em ensaio rápido, e o aparelho de Glossop e Golder (ensaio de compressão não limitada), representado na fig. 12, que permitiu fazer alguns ensaios no próprio local.

Como se sabe, este aparelho é utilizado sobretudo no estudo das argilas, e o seu emprego no caso de areias, que agora tentamos pela primeira vez, exige uma técnica morosa e delicada, sobretudo no que respeita

Fig. 12 — Aparelho de Glossop e Golder.

Amostra número	351	350	373	374	372	370	371
Granulometria							
>2,4 mm.	0	0	0	0	0	0	0
2,4 a 0,6 mm	17	19	19	16	29	13	12
0,6 a 0,2 mm	57	57	57	49	56	54	58
0,2 a 0,076 mm	21	18	18	20	11	18	16
<0,076 mm.	5	6	6	15	4	15	14
Classificação							
Bureau of Soils	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia
Limites de Atterberg							
Limite líquido.	14	NP	NP	NP	NP	14	<14
Índice de plasticidade . . .	—2	NP	NP	NP	NP	—1	NP
Humidade natural	12	9	6	6	3	15	19
Resistência ao corte							
Coesão: kg/cm²	0,083	0,070	0,139	0,108	0,064	0,027	0,008
Ângulo de atrito interno . .	10° 0′	11° 20′	9° 40′	14° 30′	22° 20′	17° 10′	14° 30′

à extracção das amostras do tubo de colheita e ao seu manuseamento depois da extracção.

Verifica-se bom acordo entre os dois tipos de ensaios, desde que, no caso do ensaio de compressão não limitada, se entre com o valor do ângulo de atrito interno, que se pode deduzir do plano de fractura das amostras.

O quadro anterior resume as principais características dos solos, sendo o número das amostras referidas à figura 9.

A análise destas características mostra que as duas camadas superiores (fig. 9), com uma possança total de 4 metros, são formadas pela mesma areia, com diminuta percentagem de finos e predominância de areia média. Os ângulos de atrito obtidos são, no entanto, anormalmente baixos, facto que não sabemos a que atribuir.

Segue-se uma camada com cerca de 9,75 metros de possança, formada por areia avermelhada, correspondente ao *saibro* tão vulgar na região. Os valores da coesão e ângulo de atrito interno são os vulgares para este tipo de solo.

Assenta sobre uma camada mais possante (20,50 metros), constituída por uma areia branca, bastante solta e com ângulo de atrito interno mais elevado.

Finalmente, aparece uma nova camada de saibro, com características muito semelhantes às da anterior e cuja parte inferior está já abaixo do nível freático.

A análise da estabilidade pelo método de Fellenius, para o perfil anterior ao deslizamento, mostra a instabilidade existente. Com efeito teremos (fig. 9):

Fatia número	Componente normal N kg	Componente tangencial T kg	Outros elementos
1	1 080	0	$R = 60{,}20$ m
2	2 500	300	$L_1 = 2 \times 3{,}14 \times 60{,}20 \times \frac{11^\circ\ 40'}{360^\circ} = 12{,}09$ m
3	3 000	500	
4	2 500	750	$tg\phi_1 = 0{,}309 \quad c_1 = 0{,}027$ kg/cm²
5	5 000	1 500	
6	12 500	4 500	$L_2 = 2 \times 3{,}14 \times 60{,}20 \times \frac{38^\circ\ 0'}{360^\circ} = 40{,}07$ m
7	19 500	7 500	
8	26 500	12 500	$tg\phi_2 = 0{,}411 \quad c_2 = 0{,}064$ kg/cm²
9	32 500	16 500	
10	34 500	20 000	$L_3 = 2 \times 3{,}14 \times 60{,}20 \times \frac{10^\circ\ 30'}{360^\circ} = 10{,}96$ m
11	48 500	27 000	
12	49 000	37 000	$tg\phi_3 = 0{,}259 \quad c_3 = 0{,}108$ kg/cm²
13	50 000	44 000	
14	49 000	48 500	$L_4 = 2 \times 3{,}14 \times 60{,}20 \times \frac{5^\circ\ 40'}{360^\circ} = 6{,}05$ m
15	46 500	53 000	
16	35 000	48 000	$tg\phi_4 = 0{,}170 \quad c_4 = 0{,}139$ kg/cm²
17	18 000	31 000	L total = 69,17 m
18	5 500	11 500	$d = 1800$ kg/m³
		352 750	$t = 3{,}00$ m

O factor da estabilidade, sem ter em conta a influência das fendas e das forças de infiltração, seria :

$$N = \frac{\Sigma Lc + tg\,\phi_1\,\Sigma N_1 + tg\,\phi_2\,\Sigma N_2 + tg\,\phi_3\,\Sigma N_3 + tg\,\phi_4\,\Sigma N_4}{T}$$

Ora

$L_1\ c_1 = 12{,}09 \times 270 =$	3 264
$L_2\ c_2 = 40{,}07 \times 640 =$	25 645
$L_3\ c_3 = 10{,}96 \times 1080 =$	11 837
$L_4\ c_4 = 6{,}05 \times 1390 =$	8 410
$tg\,\phi_1\,\Sigma N_1 = 0{,}309 \times 9080 =$	2 806
$tg\,\phi_2\,\Sigma N_2 = 0{,}411 \times 373.500 =$	153 509
$tg\,\phi_3\,\Sigma N_3 = 0{,}259 \times 53.000 =$	13 727
$tg\,\phi_4\,\Sigma N_4 = 0{,}170 \times 5.500 =$	935
	220 133 kg

Como $T = 352\,750$ kg, resulta

$$N = \frac{220\,133}{352\,750} = 0{,}6$$

Este valor não deveria descer, no caso presente, abaixo de 1,2.

O facto do deslizamento não ter ocorrido anteriormente prova, a nosso ver, a extraordinária influência estabilizadora exercida pela densa vegetação existente.

4 — Remédios

Para conseguir que o factor de estabilidade regressasse a um valor compatível com a segurança, apresentavam-se imediatamente três métodos:

a) Regularização do declive, com desbaste na parte superior e possível inclusão de banquetas;

b) Protecção do talude até meia altura com enrocamento;

c) Construção dum muro de pé de talude.

Em virtude das limitações de espaço, o método *a*) teve de ser abandonado; as tentativas feitas não permitiram subir acima de $N = 0{,}8$.

O método *b*) era proibitivo, dada a falta de pedra na região.

Adoptou-se então o método *c*), construindo-se um muro na região mais ameaçada, satisfazendo às seguintes condições:

1.º — A fundação devia ser levada a uma profundidade suficiente abaixo da superfície de deslizamento;

2.º — Devia prever-se revestimento de pedra seca na face interior do muro;

3.º — Devia construir-se drenagem adequada da água na face interior do muro, de forma a evitar infiltrações para as fundações.

Além disso, a parte superior do talude devia ser regularizada, a encosta replantada com espécies apropriadas, e a parte afectada aterrada, com cravação prévia de estacas de madeira formando a ligação entre a superfície ao longo da qual ocorreu o deslizamento e as camadas superiores de terra de regularização.

A possibilidade de deslizamento segundo um círculo de centro na vertical pela face do muro e passando abaixo da sua fundação foi devidamente examinada, com resultado satisfatório.

A solução adoptada é cara, mas a alternativa seria o abandono das construções gravemente ameaçadas.

GABINETE DE ESTUDOS HIDRÁULICOS

ORGANIZADO EM 1945

Telefones 4 5451 e 5 3873 — Rua Rodrigo da Fonseca, 62-4.º D.to — LISBOA

ABASTECIMENTOS de ÁGUA

Direcção do
Eng.º Ferreira Chaves

Alguns trabalhos realizados:

Abastecimento de Água de Setúbal.

Ampliação do Abastecimento de Água do Funchal (Plano Geral).

CAPTAÇÕES SUBTERRÂNEAS
SONDAGENS

Direcção do
Eng.º Augusto Cavaco

Alguns trabalhos realizados:

Estação de Valada (Comp.ª das Águas de Lisboa).

Captações do Canário (S. Miguel — Açores).

TRABALHOS MARÍTIMOS
FUNDAÇÕES

Direcção do
Eng.º Vasco Costa

Alguns trabalhos realizados:

Estudo de obras acostáveis (Figueira da Foz e S. Tomé).

Fundação flutuante sobre lôdos (Sacavém).

APROVEITAMENTOS
HIDRO-AGRÍCOLAS
E
HIDRO-ELÉCTRICOS

—

"APAGEL"

Direcção do
Eng.º Barrancos Vieira

Alguns trabalhos realizados:

Rega (projectos e execução):

Aprov. Hidro-Agrícola de Vale de Moura (Rega de 250 ha).

Aprov. Hidro-Agrícola de Mercês (Rega de 40 ha).

Energia (projectos):

Aprov. Hidro-Eléctrico do Biópio (Angola).

Obras de Derivação e Central Subterrânea de Salamonde (Cavado).

PRODUTOS
DYRUP

TINTAS E VERNIZES
TIPO AMERICANO

FÁBRICA DE
TINTAS DE SACAVÉM
S. A. R. L.

SACAVÉM — PORTUGAL

TEL. { SACAVÉM 105
LISBOA 42651 42156

Companhia União Fabril
Sede: Rua do Comercio, 49
LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

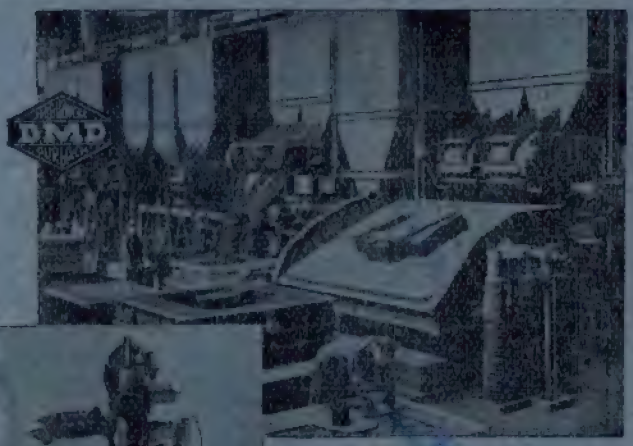
Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval
(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolitica



Equipamento de fundição. Instalações para preparar e recuperar areia. Máquinas de moldar, com ou sem caixas. Fornos Cubilot. Elevadores. Máquinas de limpar e desbarbar. Instalações de decapar por jacto de areia. Remodelação e modernização de instalações industriais

BADISCHE MASCHINENFABRIK A. G.
KARLSRUHE — DURLACH
ALEMANHA

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS
AZEVEDO & PESSI, L.DA
Tels. 24495, 29879 e 20554 — R. Nova do Almada, 46 — LISBOA

DEFESA ANTI-SÍSMICA:

"CONSIDERAÇÕES SOBRE O FACTOR SÍSMICO"

POR ABEL CARDOSO

Sócio Fundador da Sociedade Portuguesa de Matemática

Membro Efectivo da Ordem dos Engenheiros

C. D. 699.841:624.042.7

É ofício de engenheiro projectar estruturas anti-sísmicas.

Em todas as nações progressivas está hoje a ser considerada a sobrecarga sísmica.

Nos Estados Unidos passou a ser habitual a sua consideração nos gabinetes de engenharia. Na Grécia A. Roussopoulos publica um substancial tratado. No Chile o trabalho do prof. Júlio Ibañez proprietário da cadeira de pontes na universidade do Chile é clássico. Em Itália muito foi produzido. No Japão é escusado falar. É natural que nas zonas sísmicas se projectem estruturas adrede. O contrário é que seria causa de pasmo.

A primeira dificuldade com que topa o legislador é a fixação do factor sísmico conveniente.

Os comentários que seguem permitem consolidar opinião possìvelmente existente. Não podemos esquivar-nos ao lugar que a história sísmica de Lisboa nos obriga a ocupar.

A cerca de 200 anos do Terramoto muito felizes nos devemos considerar com os recursos já existentes para a realização de construções anti-sísmicas. Ignorar a possibilidade da terra de novo se manifestar é um crime, desconhecer o nível actual da ciência da estabilidade em face dos terramotos não é aceitável, alegar a ineficácia dos meios de defesa tem tanto de comodidade como de exigência. O óptimo é inimigo do bom.

1 — A aceleração γ dum elemento duma estrutura terrestre devida ao movimento sísmico é inferior à aceleração da gravidade g. Podemos pois escrever

$$\gamma = \frac{g}{N} \qquad (N > 1) \qquad (1)$$

Chamaremos *factor sísmico* (1) à fracção

$$\frac{1}{N}$$

(1) Pode suscitar-se no espírito do leitor ocasional uma ligeira confusão entre factor sísmico e *índice de assismicidade*, aceite-se o neologismo.

O factor sísmico também se designa por *coeficiente sísmico*. É o defenido no texto.

O índice de qualidade anti-sísmica duma estrutura — índice de assismicidade — é o período. E não só de assismicidade mas até de estabilidade.

É a frequência natural duma estrutura o melhor critério para apreciar a sua estabilidade. Um exemplo de extrema simplicidade fundamentará esta opinião. Suponhamos uma barra vertical, sujeita a uma carga axial e com encastramento nulo nos extremos.

A frequência n do modo fundamental das vibrações transversais naturais da barra é dada por:

$$n = \frac{\pi}{2H}\sqrt{\frac{EIH}{M}\left(1 - \frac{PH^2}{\pi^2 EI}\right)}$$

em que é H o comprimento da barra, M a sua massa e P a força axial. E e I tem os significados consagrados.

Quando P aumenta, a frequência diminui, atingindo o valor zero quando

$$P = \pi^2 . \frac{EI}{H^2}$$

Atingida esta carga crítica a barra perdeu a sua possibilidade de se refazer da deformação lateral; *não pode vibrar*... atingiu-se uma situação de instabilidade.

que designaremos por f_σ. Será pois a nova forma de (1)

$$\gamma = f_\sigma g \qquad (2)$$

Num instante determinado, a aceleração γ dum elemento estrutural não é, em geral, igual à aceleração γ_σ do solo.

A sobreposição à aceleração forçada das oscilações naturais induzidas pela crise sísmica pode ser tomada na devida conta considerando o elemento estrutural sujeito a uma aceleração γ superior à do solo no instante considerado. Escreveremos pois

$$\gamma = b\,\gamma_\sigma \qquad (b > 1) \qquad (3)$$

Atendendo a (1) vem

$$f_\sigma = \frac{b\,\gamma_\sigma}{g} \qquad (4)$$

Conhecida a aceleração do solo γ_σ ou a relação $\frac{\gamma_\sigma}{g}$ fàcilmente se calcula f_σ desde que tenhamos calculado o factor b que na expressão personifica a atitude elástico-dinâmica do elemento estrutural ou estrutura e consubstancia a modificação acarretada à aceleração do solo.

À aceleração γ chamaremos *aceleração uniforme equivalente.*

Esta aceleração γ aplicada a todos os elementos estruturais produz o mesmo efeito *ao nível do solo* que o abalo de terra de aceleração γ_σ.

A força sísmica ou *sobrecarga sísmica* a considerar no programa de solicitações, base do cálculo das estruturas anti-sísmicas, é a máxima força lateral que qualquer elemento estrutural sofre durante o abalo.

É uma sobrecarga lateral, tal como, no que respeita a direcção, a acção do vento ou o efeito de sopro duma explosão.

Assim, um dado elemento estrutural de peso P estará sujeito a uma força horizontal F dada por

$$F = f_\sigma P \qquad (5)$$

No cálculo das estruturas anti-sísmicas das edificações a sobrecarga sísmica, que se supõe actuar ao nível dos pavimentos, P é o peso total de todos os elementos estruturais, arquitecturais e judiciosa fracção das sobrecargas, que estão situadas a cota superior à do pavimento solicitado. Por intermédio dos pavimentos, actuando como diafragmas, se fazem comparticipar na resistência os pilares e as paredes. Não é desenvolver este interessantíssimo assunto o móbil das presentes considerações.

É bom assentar desde já em que a força da terra em oscilação é indomável; o abalo deve ser considerado como aquilo que na realidade é: *movimento irresistível do solo e tudo que a ele está materialmente ligado directa ou indirectamente.*

A força criada numa estrutura é uma *força de d'Alembert* e é função exclusiva, para uma determinada aceleração, da massa ou, se o preferirem do *peso* da mesma.

Mutatis mutandis é o que se dá relativamente à acção do vento. No relatório àcerca do terramoto de San Francisco de 18 de Abril de 1906 (1), sob muitos títulos notável, aparece uma infeliz conclusão, pelo mau encaminhamento do problema antisísmico.

Estabelecia-se que um edifício baseado sobre uma estrutura resistente à acção eólica de 30 libras por pé quadrado (146 kg/m²) poderia sair ilesa duma futura réplica daquela catástrofe.

O responsável por tal conclusão lamentou a publicidade que na literatura técnica mundial lhe foi dada.

Se errar é humano, é também salutar...

A propósito se esclarece que a análise das estruturas anti-sísmicas tem de encarar as acções clássicas gravítica, eólica, térmica, etc.

Em particular, a análise sísmica não liberta o calculador da análise da acção do vento. São forças de génese e distribuição diferentes, umas ligadas a massas, outras a áreas e geometria das superfícies. Posto isto, prossigamos. Antes de tentarmos o cálculo de b para casos simples apreciemos

(1) Publicado no vol. 59, 1907 das Transactions of American Society of Civil Enginieers.

as sucessivas facetas que se pretendeu atribuir ao factor sísmico.

Ao factor sísmico de valor sempre inferior à unidade se liga o critério de segurança anti-sísmica dos diversos países.

Dentro de cada país, conforme o seu grau de avanço nas questões de defesa anti-sísmica em vez de um único factor sísmico vão surgindo outros factores ligando e consubstanciando várias circunstâncias tais como a cota de elemento estrutural considerado, natureza e condição do sub-solo, tipo de fundação, etc.

Por sua vez, as razões de economia não podem obstar à modificação do valor daquele factor de modo a que venha a incorporar a segurança adicional, permita-se a expressão, que a certa classe de edifícios tais como escolas, templos, quarteis, teatros, hospitais, prisões, etc., é de atribuir.

Mas não dissémos tudo. O factor sísmico para um elemento de vedação ou compartimentação não será o mesmo que se aconselha para a estrutura como um todo. Será mais elevado do que para esta.

Igualmente, o factor sísmico referente a uma chaminé ou a qualquer estrutura proeminente ou de singular esbelteza instalada no topo dum edifício, terá necessàriamente de ser judiciosamente escolhido.

Ora, uma sólida opinião do engenheiro a este respeito forma-se com o conhecimento de danos causados em edifícios pelos terramotos havidos, pela divulgação das conclusões da investigacão laboratorial e por um profundo conhecimento, matemático é óbvio, da atitude vibratória das estruturas.

A luta entre a mal entendida economia e a segurança toma os mais agudos aspectos na questão das *fundações anti-sísmicas;* o engenheiro tem de impor e defender a sua opinião. É uma questão delicada e complexa que exige uma boa preparação técnico-científica.

Em princípio, o factor sísmico a adoptar nos elementos de fundação será o mesmo da estrutura geral da edificação.

Em nosso entender a edificação em Lisboa deve-se basear em $f_\sigma \geq 0{,}13$ [1].

2 — Actualmente grande atenção se presta a resultados experimentais obtidos com um *oscilador* simples [1] montado numa plataforma sísmica. O oscilador pode ser constituído por uma massa suportada por uma haste elástica cujo pé está rìgidamente encastrado numa plataforma sísmica.

Experimentalmente se analisou a atitude deste oscilador perante o movimento da plataforma sísmica.

Esta plataforma é capaz de reproduzir os movimentos correspondentes a um dado sismograma.

Foram utilizados osciladores de diferentes períodos e em cada um deles se criaram situações oscilatórias reprodução de uma colectânea de sismogramas.

O oscilador é um modelo mecânico aproximado da estrutura, de igual período de vibração e com um amortecimento insignificante. Isto quere dizer que os resultados obtidos sob o aspecto quantitativo são superiores aos na realidade produzidos numa estrutura convencional.

Para o mesmo lado pende a simplificação inerente ao oscilador — *um grau de liberdade.*

Nas aludidas experiências pretendeu-se determinar os esforços de corte sísmico produzidos nos diversos osciladores pelas réplicas laboratoriais de tremores de terra havidos e de carácter destruidor.

Façamos uma rápida digressão analítica em torno da atitude tomada pelo oscilador mecânico, com um grau de liberdade, perante um movimento da plataforma sísmica (horizontal) obediente à lei

$$a \text{ sen } \frac{2\pi t}{T}$$

em que é a a amplitude e T o período do movimento harmónico simples defenido pela supracitada expressão.

É o oscilador assimilado a uma massa pontual suportada por uma haste elástica e sem peso.

Considera-se existente o amortecimento [1].

---

[1] Cf. Abel Cardoso «*Defesa Anti-sismica*» in *Técnica* n.º 208, Janeiro 1951.

[1] O amortecimento que consideramos tem a forma de uma resistência proporcional à velocidade do corpo que

Consideremos que a vibração se produz no plano Oxz coincidindo, no instante inicial, o eixo da haste com o eixo Oz. Nestas condições se designarmos por y a deflexão do pedúnculo elástico podemos escrever

$$y = a \text{ sen } \frac{2\pi t}{T} - x$$

em que x é a distância da massa à posição inicial.

A força por unidade de massa é

$$\frac{4\pi^2}{g T_0^2} y + \frac{k}{g} \dot{y}$$

em que é T_0 o período de vibração natural do oscilador e $\frac{k T_0}{2\pi}$ o factor de amortecimento, tendo g o consagrado significado.

É pois,

$$\frac{4\pi^2}{T_0^2} y + k \dot{y} = \ddot{x}$$

A equação do movimento da massa do oscilador pode escrever-se imediatamente:

$$\ddot{x} + k \dot{x} + n^2 x = a q^2 \text{ sen } (pt + \theta)$$

em que, para simplificação tipográfica, se utilizaram as frequências circulares p e n dadas por

$$p = \frac{2\pi}{T} \text{ e } n = \frac{2\pi}{T_0}$$

e em que é

$$q^2 = \sqrt{n^4 + k^2 p^2}$$

sendo

$$\text{sen } \theta = \frac{k p}{q^2}$$

A solução é,

$$x = A_x \text{ sen } (pt - \phi) - B_x(t). \text{ sen } (mt - \mu) \quad (7)$$

em que

$$A_x = \frac{a q^2}{r^2}$$

onde

$$r^2 = \sqrt{(n^2 - p^2)^2 + k^2 p^2}$$

e,

$$B_x(t) = \frac{a p n^2}{m r^2} e^{-\frac{kt}{2}}$$

em que é,

$$m = \frac{1}{2} \sqrt{4 n^2 - k^2}$$

sendo os ângulos de diferença de fase ϕ e μ dados por

$$\text{sen } \phi = \frac{k p^3}{q^2 r^2} \qquad \text{sen } \mu = \frac{k m p^2}{r^2 n^2}$$

Para y virá,

$$-y = A_y \text{ sen } (pt - \lambda) - B_x(t) \text{ sen } (m t - \mu) \quad (8)$$

em que

$$A_y = \frac{a p^2}{r^2}$$

e λ definido por

$$\text{sen } \lambda = \frac{k p}{r^2}$$

Como acima se viu se for γ_σ a aceleração da plataforma num determinado instante a aceleração da massa será, pelo que atrás se disse, igual a $b\,\gamma_\sigma$. No instante da deflexão máxima será

$$\gamma = \left(\frac{T}{T_0}\right)^2 \frac{y}{a} \gamma_\sigma \quad (9)$$

pois, quando a deflexão atinge o seu máximo, é,

$$\dot{y} = o \quad \text{e} \quad \ddot{x} = n^2 y$$

---

se move. Sob uma tal influência as amplitudes de sucessivas oscilações livres decrescem em progressão geométrica. A frequência das oscilações livres é afectada.

Se o amortecimento afectasse uma natureza idêntica ao atrito entre sólidos, resistência independente da velocidade, a frequência não seria afectada, e a diminuição supracitada decresceria em progressão aritmética.

O amortecimento além deste efeito de extinção sobre as oscilações livres também reduz a amplitude das oscilações forçadas e na ressonância a amplitude atinge valores *finitos*.

A aceleração da massa oscilante é a soma de duas componentes de amplitudes

$$\left[a \left(\frac{q}{r}\right)^2 \right]$$

devida à oscilação forçada e

$$a \left(\frac{p}{m}\right) \left(\frac{n}{r}\right)^2 e^{-\frac{kt}{2}}$$

devida à oscilação natural induzida.

O amortecimento manifesta-se, pois, introduzindo o desfasamento ϕ na componente forçada da oscilação suscitada e produzindo a extinção gradual da amplitude da sua componente natural.

Como acima anotamos o *oscilador* concebido tem um amortecimento insignificante.

Então, quando $k = o$ é

$$\text{sen}\ \phi = 0\ (^1)$$

e então vem para b o valor

$$\frac{T^2}{T^2 - T_o^2} \left(1 + \frac{T}{T_o}\right) \qquad (10)$$

Assim se mostra que, para uma história cinemática da plataforma defenida por uma velocidade inicial $a\,p$ seguida do movimento harmónico simples a sen $p\,t$ (cuja velocidade máxima é também $a\,p$), a aceleração γ a que, num dado instante, está sujeita a massa oscilante está relacionada com a aceleração prevista para o abalo de terra γ_σ pela expressão

$$\boxed{\gamma = \frac{T^2}{T^2 - T_o^2} \left(1 + \frac{T}{T_o}\right) \gamma_\sigma} \qquad (11)$$

Dispensamo-nos de desenvolver aqui a análise que leva a concluir da possibilidade teórica, duma constatação havida num abalo de terra recente em que se verificou que a força sísmica ocasionada durante este era superior à que um conhecido princípio prevê.

É de elementar conhecimento que uma aceleração *bruscamente* aplicada ocasiona duplicação de força resultante.

Se, para a plataforma sísmica se elaborar um programa cinemático — em que a plataforma no instante inicial apresenta aceleração — com duas fases distintas:

fase inicial — o movimento harmónico simples que se sucede *até ao instante* defenido por

$$p\,t = \frac{\pi}{3}$$

é obediente à lei

$$a\ (1 - \cos\ pt)$$

e com uma aceleração máxima igual à aceleração inicial da plataforma.

fase final — a partir daquele instante, o movimento da plataforma obedece à lei

$$a\ \text{sen}\ (pt - 6\,\pi),$$

queremos crer que, perante um programa cinemático dentro destes moldes — movimento harmónico simples — não se acarreta uma ampliação de efeitos em relação ao movimento real do solo.

Não sobrecarregando a *Técnica* (1) com o desenvolvimento analítico justificativo, assaz longo, apenas registamos:

fase inicial — É sempre $b \leq 2$.

fase final — Nesta fase, *desprezando o amortecimento,* é.

$$b = \frac{T^2}{T^2 - T_o^2} \left(1 + 2\ \text{sen}\ \frac{\pi\,T}{6\,T_o}\right) \qquad (12)$$

(1) Excepto na ressonância que é

$$\text{sen}\ \phi = \frac{k\,p^3}{m^2\,r^2} = \frac{0}{0}\ .$$

Não exploraremos esta questão.

(1) Remetemos o leitor para o belo trabalho de R. G. Robertson adiante assinalado, a que, na parte analítica, o auctor se ateve.

donde se deduz que b pode ser superior a 2.

Registada esta conclusão analisemos a atitude do oscilador *na ressonância*:

A plataforma sísmica obedece a

$$a \text{ sen } nt$$

A equação do movimento da massa oscilante é

$$\ddot{x} + k\,\dot{x} + n^2 x = a\,q^2 \,.\, \cos(n\,t + \theta)$$

cuja solução é

$$x = D_x \cos(nt + \theta) + E_x(t) \cos(m\,t + \chi) \quad (13)$$

em que é

$$D_x = -\frac{a\,q^2}{k\,n}$$

$$E_x(t) = \frac{a\,n^2}{m\,k}\, e^{-\frac{k\,t}{2}}$$

com χ defenido por

$$\text{sen } \chi = \frac{k}{2\,n}$$

Fàcilmente se escreve a solução para y:

$$y = D_y \,.\, \cos nt - E_x(t) \cos(mt + \chi) \quad (14)$$

em que é

$$D_y = \frac{a\,n}{k}$$

É

$$b = \frac{\text{máximo } y}{a}$$

que progressivamente se aproxima do máximo

$$b_{max} = \frac{2\,\pi}{k\,T_o}$$

Desconhecendo do amortecimento ($k = o$) as expressões (13 e 14) tomam o aspecto

$$x = \frac{a}{2} \text{ sen } n\,t - \frac{a}{2}\, n\,t \cos n\,t$$

e (15)

$$y = \frac{a}{2} \text{ sen } n\,t + \frac{a}{2}\, n\,t \cos n\,t$$

e y em cada oscilação completa aumenta de $a\,\pi$.

Completemos esta análise que nos levou ao cálculo de b estudando o que se passa com as estruturas salientes no topo dos edifícios, tais como, por exemplo, as chaminés e certas manifestações arquitectónicas.

Seja ainda o movimento do solo defenido por

$$a \text{ sen } p\,t$$

Não havendo amortecimento na estrutura ($k = o$) vem para para equação do movimento da massa estrutural do edifício materializada na massa oscilante atrás considerada a seguinte:

$$x_1 = a\,\frac{n^2}{n^2 - p^2} \text{ sen } p\,t - a\,\frac{n\,p}{n^2 - p^2} \text{ sen } n\,t \quad (16)$$

que se obteve da equação (7) fazendo $k = o$ e em que o índice 1 se apôs para identificar a estrutura do edifício.

Se a chaminé tem a frequência circular n_1 (¹) e notando que o movimento da mesma é a soma dos movimentos das duas componentes de x_1 vem fàcilmente

$$x_2 = a_1\,\frac{n_1^2}{n_1^2 - p^2} \text{ sen } p\,t - a_1\,\frac{n_1\,P}{n_1^2 - p^2} \text{ sen } n_1\,t -$$

$$- a_2\,\frac{n_1^2}{n_1^2 - n^2} \text{ sen } n\,t + a_2\,\frac{n_1\,n}{n_1^2 - n^2} \text{ sen } n_1\,t$$

Nesta equação a_1 e a_2 são as componentes de sen pt e sen nt na expressão (16).

A deflexão da chaminé será dada por

$$y = x_2 - x_1$$

É

$$b = \frac{n_1^2}{p^2} \,.\, \frac{y}{a}$$

para

$$n_1 > n$$

é

$$b = \frac{n_1^2\, n^2}{p\,(n_1 - n)\,(n - p)\,(n_1 + p)} \quad (18)$$

(¹) É $\frac{n_1}{2\,\pi}$ a frequência das estruturas assimiladas ao oscilador.

para

$$n_1 < n$$

vem

$$b = \frac{n_1^2\, n^2}{p\,(n - n_1)\,(n_1 - p)\,(n + p)}$$

em que é

$$n = \frac{2\pi}{T_o}\,,\ p = \frac{2\pi}{T}\ \text{e}\ n_1 = \frac{2\pi}{[T_o]_1}$$

sendo T T_o e $[T_o]_1$, respectivamente os períodos de oscilação do solo, da oscilação natural da estrutura do edifício e da estrutura apendicular.

3 — Sobre o oscilador julgamos ter anotado o essencial. Passemos a analizar uma estrutura rígida [1], nas suas linhas gerais.

Sejam:

A — área da secção de nível da estrutura.
H — altura da estrutura.
m — massa por unidade de comprimento.
G — módulo de elasticidade do material da estrutura referente ao corte.
T_o — período de oscilação natural da estrutura.
y — amplitude do movimento à cota z.
Y — amplitude no topo da estrutura.

Será

$$T_o = 4\sqrt{\frac{m\,H^2}{G\,A}}$$

Oscilação natural. Equação basilar (deflexão máxima):

$$G\,A\,\frac{d^2y}{dz^2} = -\frac{4\pi^2}{T_o^2}\,m\,y$$

de solução

$$y = Y\ \text{sen}\ \frac{\pi z}{2H}$$

O esforço transverso na base V_n, é dado por

$$V_n = \frac{\pi}{2}\cdot\frac{Y\,G\,A}{H}$$

(1) Na estrutura rígida é considerada a comparticipação das paredes como elementos estruturais. Edifícios com grandes salas ocasionam a necessidade de os considerar baseados em estruturas flexíveis adiante estudadas no texto.

Se notarmos que é

$$Y = \frac{2\,H\,V_n}{\pi\,G\,A}$$

podemos concluir que a «*a amplitude no topo é $4/\pi$ vezes maior do que a deflexão estática ocasionada pelo esforço transverso V_n, na base*».

Recordando que a aceleração no topo pode-se exprimir em função de n e Y por

$$\frac{\pi}{2}\cdot\frac{V_n}{m\,H}$$

podem anotar que, «*a aceleração no topo é $\frac{\pi}{2}$ vezes maior do que a aceleração uniforme equivalente*».

Oscilação forçada. Suponhamos lei do movimento do solo a seguinte, tam conhecida: a sen pt.

A equação basilar (deflexão máxima) é

$$G\,A\,\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{4\pi^2}{T^2}\,m\,y$$

de solução

$$y = a\cos\frac{\pi}{2}\cdot\frac{T_o}{T}\left(1 - \frac{z}{H}\right)\sec\left(\frac{\pi}{2}\cdot\frac{T_o}{T}\right)$$

O esforço transverso na base V_f será dado por

$$V_f = \frac{\pi\,G\,A}{2}\cdot\frac{T_o}{T}\cdot\frac{a}{H}\ \text{tg}\left(\frac{\pi}{2}\cdot\frac{T_o}{T}\right)$$

É a amplitude no topo dada por

$$Y = a\sec\left(\frac{\pi}{2}\cdot\frac{T_o}{T}\right)$$

ou, em função da geometria e propriedades elásticas da estrutura

$$Y = \frac{2}{\pi}\cdot\frac{V_f}{G}\cdot\frac{H}{A}\cdot\frac{T}{T_o}\ \text{cosec}\left(\frac{\pi}{2}\cdot\frac{T_o}{T}\right)$$

A deflexão no topo $y = Y - a$ será dada por

$$a \left[\sec \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{p}{n} \right) - 1 \right]$$

donde se pode concluir que, «*a deflexão no topo da estrutura é*

$$\frac{4}{\pi} \cdot \frac{T}{T_o} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} \cdot \frac{T_o}{T} \right) \qquad (20)$$

vezes maior do que a deflexão estática ocasionada pelo esforço transverso na base V_f ».

Finalmente, a aceleração no topo $p^2 Y$ pode tomar o aspecto

$$\frac{8\pi}{T_o T} \cdot \frac{V_f}{G} \cdot \frac{H}{A} \operatorname{cosec} \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{T_o}{T} \right)$$

Donde se conclui que «*aceleração no topo da estrutura é*

$$\frac{\pi}{2} \cdot \frac{T_o}{T} \operatorname{cosec} \left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{T_o}{T} \right) \qquad (21)$$

vezes maior do que a aceleração uniforme equivalente»

No estudo da oscilação natural ignoramos a deflexão por flexão para exclusivamente considerarmos a devida ao corte.

4 — Vamos agora supor uma estrutura em que não consideramos a comparticipação das paredes como elemento estrutural. Estamos em presença duma estrutura flexível. Consideramos apenas as deflexões por flexão.

Sejam

I — o momento de inércia da secção
E — o módulo elasticidade referente a flexão.

Oscilação livre. Como acima, se pode escrever

$$EI \frac{d^4 y}{dz^4} = \frac{4\pi^2}{T_o^2} m y \qquad (22)$$

cuja solução é

$$y = C (\cos lz - \operatorname{ch} lz) - B (\operatorname{sen} lz - \operatorname{sh} lz) \qquad (23)$$

em que é

$$E I l^4 = \frac{4\pi^2}{T_o^2} m$$

em que é como atrás m a massa corrente da estrutura.

Notando que no topo o momento e o esforço transverso são nulos, podemos escrever

$$l H = 1{,}88$$

$$B = \frac{C (\cos lH + \operatorname{ch} lH)}{\operatorname{sen} lH + \operatorname{sh} lH}$$

No topo, o valor de y é

$$2 C$$

e o da aceleração é:

$$\frac{2 C \pi^2}{T_0^2}$$

A aceleração média é

$$\frac{2}{m H^2}$$

vezes superior ao valor do momento na base.

O valor deste produto é

$$\frac{4 E I l^2}{m H^2} C$$

e daí se infere que a aceleração média é

$$\frac{16 C \pi^2}{l^2 H^2 T_o^2}$$

e portanto podemos concluir que «*a aceleração no topo é 1,77 vezes maior do que a aceleração média*» (1).

---

(1) $E \frac{l^2 H^2}{2} = 1{,}77$.

Oscilação forçada. A equação basilar é

$$E\,I\,\frac{a^4 y}{dz^4} = \frac{4\,\pi^2}{T^2}\,m\,y \qquad (24)$$

A solução da equação (24) é

$$y = a\ \mathrm{ch}\ sz + C\ (\cos sz - \mathrm{ch}\ sz) + \\ + B\ (\mathrm{sen}\ sz - \mathrm{sh}\ sz)$$

em que

$$s^4 = \frac{4\ m\ \pi^2}{E\,I\,T^2} = l^4 \left(\frac{T_o}{T}\right)^2$$

Será então

$$s\,H = 1{,}88 \left(\frac{T_o}{T}\right)$$

e para eliminar as constantes escreveremos o sistema

$$2\,C = \frac{a\ (1 + \cos sH.\ \mathrm{ch}\ sH - \mathrm{sen}\ sH.\ \mathrm{sh}\ sH)}{1 + \cos sH\ \mathrm{ch}\ sH}$$

$$2\,B = \frac{a\ (\mathrm{sen}\ sH\ \mathrm{ch}\ sH + \cos sH\ \mathrm{ch}\ sH)}{1 + \cos sH\ \mathrm{ch}\ sH}$$

Na base, o momento será

$$E\,I.\ l^2\,a\ \frac{\mathrm{sen}\ sH\ \mathrm{sh}\ sH}{1 + \cos sH\ \mathrm{ch}\ sH}$$

A aceleração no topo é

$$\frac{4\,\pi^2\,Y}{T^2}$$

A aceleração média iguala o produto do momento na base, acabado de calcular, pelo factor

$$\frac{2}{m\,H^2}$$

Finalmente podemos anotar que *«a aceleração no topo é igual a*

$$1{,}77\ .\ \frac{\cos s\,H + \mathrm{ch}\ s\,H}{\mathrm{sen}\ s\,H\ .\ \mathrm{sh}\ s\,H}\ .\ \frac{T_o}{T}$$

vezes a aceleração média».

À medida que a razão dos períodos $\frac{T_o}{T}$ se aproxima da unidade, partindo de zero, assim aquele multiplicador varia de *1* até *1,77*.

Pode, em rápida apreciação, parecer que o assunto tratado é de interesse exclusivamente especulativo.

Em muitos campos de actividade da engenharia o bom senso pode colaborar com parte de leão na resolução dos problemas quotidianos.

No sector que nos ocupa infelizmente ou felizmente, não o sabemos, tal se não dá. É indispensável o tratamento matemático, base única de conhecimento, para criteriosamente se poderem atacar com segurança os problemas inerentes à estabilidade das estruturas anti-sísmicas.

A intuição, arma poderosa em inúmeros campos, neste, das vibrações, pouco ou nada ajuda quando não leva a irreparáveis erros.

Só a palamenta analítica pode proporcionar uma actuação segura neste traiçoeiro combate.

O prof. Ch. E. Inglis disse algures *«common sense applied to these phenomena is too common to be other than a source of danger».*

5 — Pretendeu-se nas considerações anteriores mostrar a verdadeira significação que é de atribuir ao factor sísmico mais conhecido sob a designação de *coeficiente sísmico.*

A aceleração $\gamma(t)$ dos diversos elementos de uma estrutura monolítica e elástica de índice de assismicidade T_0 depende da natureza do movimento do solo — da forma de onda — e em particular da sua aceleração $\gamma_o(t)$ como das suas propriedades geométricas e elásticas personalizadas naquele índice T_0 (período fundamental de oscilação natural da estrutura).

Será pois, em geral

$$\gamma(t) = \gamma_o(t) \left[A\ \mathrm{sen}\ \frac{2\,\pi\,t}{T_o} - B\ \mathrm{sen}\ \frac{2\,\pi\,t}{T} \right]$$

em que os colchetes demarcam o factor *b* mencionado em (3).

Constata-se então, numa análise mais profunda do fenómeno, que o factor sísmico é função do tempo e apresenta a forma

$$f_o(t) = \frac{1}{g}\,\gamma_o(t) \left[A\ \mathrm{sen}\ \frac{2\,\pi\,t}{T_o} - B\ \mathrm{sen}\ \frac{2\,\pi\,t}{T} \right]$$

ou numa forma mais elegante

$$f_\sigma = \frac{\ddot{y}}{g} (A \text{ sen } nt - B \text{ sen } pt)$$

em que n e p são as frequências circulares respectivamente da estrutura (modo fundamental das oscilações naturais — próprias, se preferirem — da estrutura) e do movimento do solo. É $y(t)$ a lei do movimento deste.

Analisando esta fórmula podemos ver que *«o valor máximo de f_σ corresponde a serem simultâneamente*

$$\frac{T_o}{T} \quad \text{e} \quad 2\left(\frac{T}{T_o} - 1\right)$$

fracções próprias de termos ímpares».

De tudo isto resulta a clara visão da vantagem das estruturas rígidas.

Estas impõem-se por razões teóricas e também por razões económicas: as estruturas flexíveis anti-sísmicas embora saiam ilesas dos abalos de terra não deixam que os elementos de guarnecimento do imóvel sofram graves estragos materiais.

A estrutura rígida, preconizada pela engenharia, é cómoda para o ocupante valiosa para o proprietário e conveniente para os seguradores.

Reprovamos inteiramente a tradução de apelos de mal entendida economia através do factor sísmico.

Alguns regulamentos de construção urbana norte americanos aceitam $f_\sigma = 0{,}04$ para edifícios de grande altura.

É manifestamente condenável tal proceder em absoluto desacordo com a dinâmica do fenómeno.

O ocupante dum prédio anti-sísmico tem o direito de se julgar ao abrigo da catástrofe. Não é calculada a partir de valores da ordem de 0,02 que chegaram a ser propostos para f_σ em zonas de elevada sismicidade que se pode etiquetar uma construção de anti-sísmica.

Um tal valor de f_σ além de directamente pôr em perigo a segurança dos ocupantes indirectamente pode acarretar descrédito da engenharia anti-sísmica e ferir a dignidade da profissão.

É um expediente criminoso.

Se é a defesa da vida e dos bens dos nossos semelhantes o móbil da defesa anti-sísmica tais valores devem ser rejeitados.

A economia (1) da construção tem de se ir buscar à boa concepção do projecto — comparticipação diafragmática das paredes e pavimentos — e não a uma redução do factor sísmico.

É a estrutura, e não o abalo, que o engenheiro pode dominar.

Maio, 1951.

BIBLIOGRAFIA

S. Timoshenko:

«Vibration problems in Engineering».

«Theory of Elasticity», Ed. Mc Graw Hill, 1934.

«Strength of Materials», Ed. Van Nostrand, 1930.

John William Strutt (2):

«Theory of Sound», Ed. Mac Millan.

Dr. Ing. Rudolf Briske:

«Die Erdbebensicherheit von Bauwerken», Ed. Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin 1927.

R. G. Robertson:

«Earthquake-resistant Structures: The Seismic Factor and the Use of Reinforced Brick Work in Quetta Civil Reconstruction, Journal of the Institution of Civil Engineers, January 1948.

---

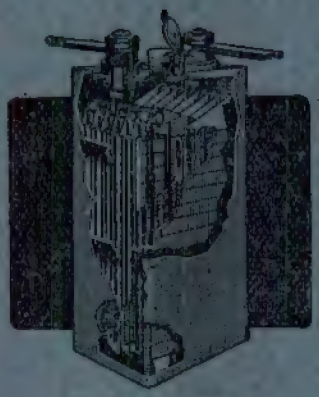
(1) O estudo económico da construção, não está dentro da índole deste artigo; de informação obtida por amável deferência do Prof. Alfred L. Miller, da Universidade de Washington, registamos apenas o seguinte:

«Resourceful engineering in the specialized field of seismic design of structures and the cooperative interest of and intelligent understanding by capable architects wil result in earthquake resistant structures often at little, if any, additional cost».

(2) Lord Rayleigh.

BATERIAS — SAFT — ALCALINAS

CÁDMIO — NÍQUEL



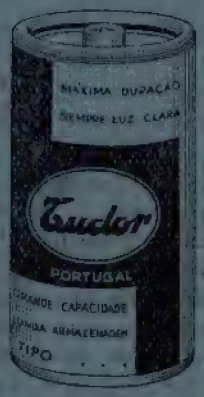
PARA: TELEFONES — RÁDIO-RECEPTORES
AERODÍNAMOS — CENTRAIS ELÉCTRICAS
ILUMINAÇÃO DE SOCORRO — CAMINHOS
DE FERRO — APARELHAGEM MEDICINAL
TRACÇÃO — LABORATÓRIOS — ETC.

Representantes exclusivos para Portugal metropolitano e ultramarino:

SOCIEDADE PORTUGUESA DO ACUMULADOR **TUDOR**

PILHAS SECAS

Tudor



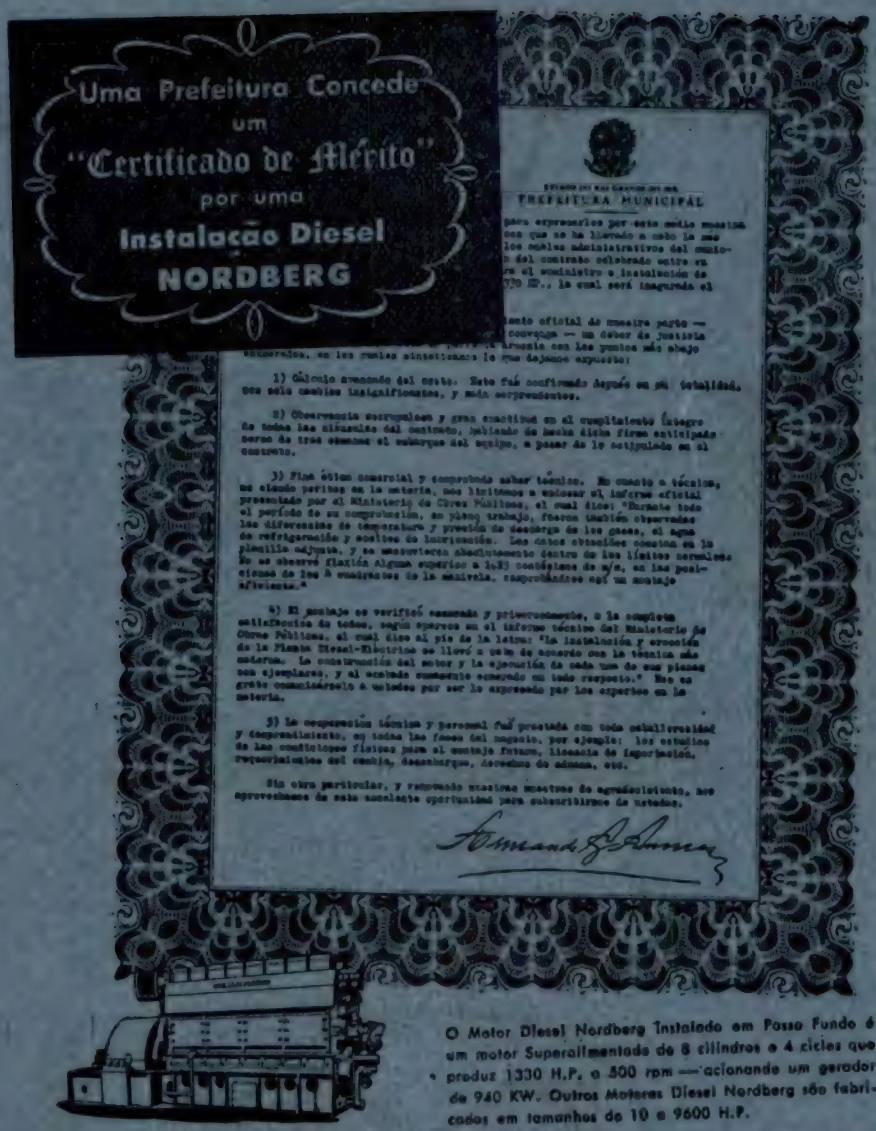
PARA: LANTERNAS — CAMPAINHAS — RÁDIO-RECEPTORES
TELEFONES — TELÉGRAFO — SINALIZAÇÃO
APARELHAGEM MEDICINAL — APARELHOS
DE SURDEZ — ETC.

•

TODAS AS PILHAS SECAS DE TODAS AS MARCAS SE DESCARREGAM COM O TEMPO...

COMPRAR PILHAS SECAS Tudor É COMPRAR PILHAS RECÉM-FABRICADAS

15 ANOS DE FABRICAÇÃO EM PORTUGAL

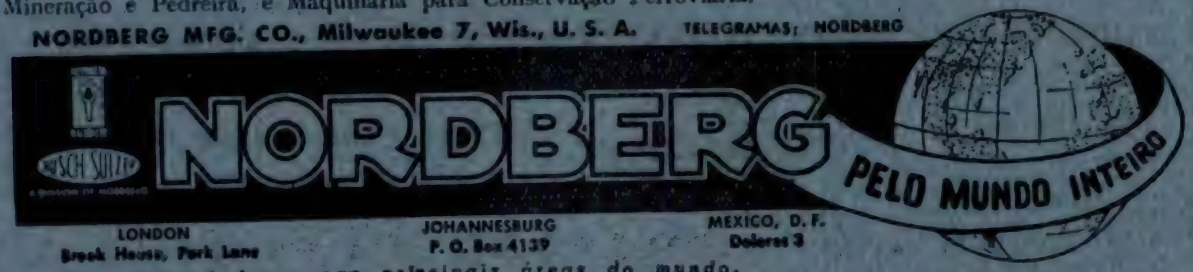


O Motor Diesel Nordberg Instalado em Passo Fundo é um motor Superalimentado de 8 cilindros e 4 ciclos que produz 1330 H.P. a 500 rpm — acionando um gerador de 940 KW. Outros Motores Diesel Nordberg são fabricados em tamanhos de 10 a 9600 H.P.

ESTE "Certificado de Mérito" foi recentèmente concedido pela Prefeitura de Passo Fundo, Brasil, como testemunho da sua inteira satisfação pela montagem de uma instalação Diesel-Eléctrica Nordberg naquela cidade. Dirigido à Sociedade Brasileira de Máquinas e Motores Ltda. (Distribuidora da Nordberg no Brasil), o certificado, em parte, diz: *"Escrupuloso cumprimento de todos os termos do contrato, e ainda mais, pois que a entrega da instalação foi efectuada com 3 semanas de antecedência à data do contrato . . . ética comercial exemplar e alta sabedoria técnica . . . rigorosas provas de carga confirmaram a eficiência da instalação . . . montagem de acordo com os mais avançados conceitos de engenharia . . ."*

A Nordberg Manufacturing Company agradece este "voto de confiança" espontâneo . . . considera este prémio honroso como mais uma prova da proficiência e integridade desta companhia e de seus distribuidores . . . atributos que distinguem todos os produtos da Nordberg . . . Motores, Maquinaria de Mineração e Pedreira, e Maquinaria para Conservação Ferroviária.

NORDBERG MFG. CO., Milwaukee 7, Wis., U. S. A. TELEGRAMAS: NORDBERG



LONDON
Brook House, Park Lane

JOHANNESBURG
P. O. Box 4139

MEXICO, D. F.
Dolores 3

Vendedores nas principais áreas do mundo.

CORREIAS TRANSPORTADORAS

PELO ENG.º DE MINAS (I. S. T.) FERNANDO DE MELLO MENDES

C. D. 621.826

(Conclusão)

XXIII — Estruturas resistentes

As estruturas resistentes têm por missão manter os vários elementos do transportador na devida posição, assegurando um bom alinhamento. Podem ser de madeira ou metálicas.

As primeiras, embora de menor custo inicial, arruinam-se com relativa facilidade e, devido ao empeno dos seus elementos constituintes, facto pràticamente impossível de evitar, acarretam quase sempre dificuldades em manter perfeito o alinhamento do transportador.

Constam geralmente de um sistema triangulado, com um estrado onde se aparafusam os suportes dos roletes. Há, contudo, toda a conveniência em que os roletes dum mesmo jogo sejam montados em travessas, constituindo um todo fàcilmente substituível para reparação. Mesmo neste caso é da máxima conveniência a existência do estrado, tapando a correia de retorno, para evitar que caia material sobre a face da correia que ataca os tambores.

As estruturas metálicas são também, geralmente, trianguladas, constituídas por perfilados ou tubos, aparafusados ou soldados em troços. Pode evitar-se a triangulação fazendo a montagem sobre vigas longitudinais robustas, o que, se por um lado aumenta geralmente o peso da estrutura, por outro permite diminuir a altura útil necessária para a instalação do transportador.

É também indispensável, pelo que atrás dissemos, proteger a correia de retorno contra a queda eventual de pedaços do material transportado. A realização prática desta protecção consta, em regra, ou de uma chapa direita constituindo um tabuleiro sob as travessas de apoio dos roletes superiores (fig. 35), ou de uma chapa encurvada colocada sob estes (fig. 36).

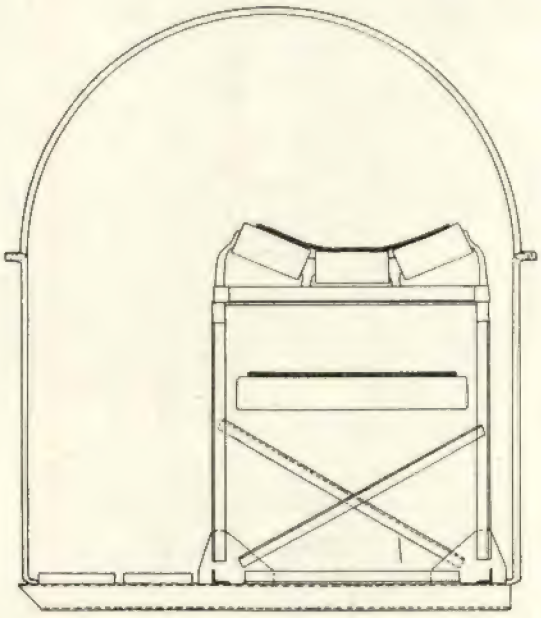


Fig. 35

Modernamente nota-se cada vez mais a tendência para utilizar transportadores constituídos por troços pré-fabricados, de fácil ligação e rápida montagem e desmontagem. Conseguem-se assim sistemas de transporte de grande flexibilidade e ocupando espaços reduzidos. Duma maneira geral, nestes transportadores o elemento resistente da estrutura é a própria chapa de protecção da correia de retorno. Estes sistemas devem permitir fácil inspecção deste ramo da correia e dos respectivos roletes de suporte, os quais geralmente são montados no elemento de ligação de dois troços con-

secutivos. As cabeças motoras também constituem unidades normalizadas, fàcilmente adaptáveis.

Uma das grandes aplicações destes tipos de transportadores de correia é nos trabalhos mineiros, onde geralmente a flexibilidade exigida aos meios de transporte tem que ser grande e onde a imposição de pequenos espaços para instalações constitui um caso quase geral.

Quando não assentam directamente sobre o solo ou sobre um piso pré-estabelecido, os transportadores de correia carecem de passadeiras laterais para inspecção e lubrificação; pode usar-se uma só passadeira caso os jogos de roletes tenham tubos de lubrificação apropriados (figs. 35 e 36).

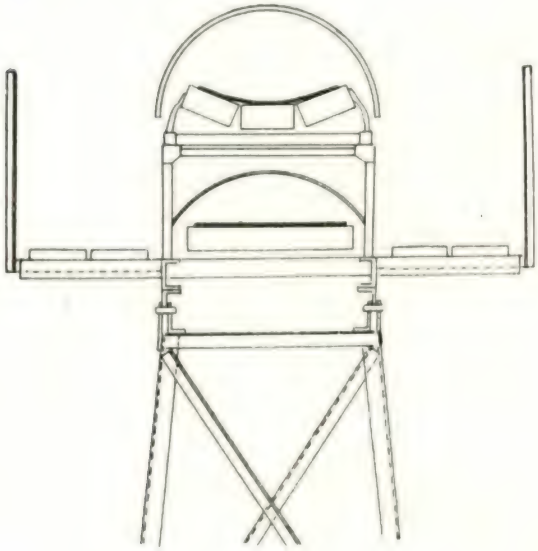


Fig. 36

Quando utilizados em serviços exteriores, os transportadores de correia devem ser protegidos contra o sol, a chuva e as poeiras, factores muito importantes da sua rápida deterioração. Devem pois ser providos de coberturas, quer abrigando o transportador e as respectivas passadeiras, quer ùnicamente o transportador (figs. 35 e 36).

XXIV — Locais de carga

Os locais de carga constituem um dos pontos mais delicados dos transportadores de correia, porquanto é nesses locais que a correia pròpriamente dita, órgão mais caro da instalação, está mais sujeita a injúrias.

A condição ideal de carga seria lançar o material sobre a correia com direcção e velocidade iguais às desta. Assim, não haveria desgaste da correia.

Podem considerar-se duas maneiras de carregar uma correia, conforme se lança o material na sua direcção ou não.

A primeira prática, pelo que acabamos de dizer, é mais aconselhável. Constitui o caso mais corrente e deve ser utilizada sempre que possível.

Usam-se, para o efeito, caixas de carga ou alimentadores (vibratórios, de correia, de lagarta, de correntes, etc.), fixos ou móveis consoante os casos. As rampas das caixas de carga devem ter inclinação tal que permitam que o material tome uma velocidade sensìvelmente igual à da correia. Com os alimentadores consegue-se mais fàcilmente esta finalidade, ao mesmo tempo que se garante uma alimentação da correia com boas características de continuidade, facto que, com as caixas de carga, só é possível se o material que nelas passa já provém de um sistema de transporte contínuo.

Compreende-se que para uma dada tonelagem a transportar com correia haja toda a vantagem em repartir a carga, regularmente, pelo tempo disponível para o transporte. Consegue-se nestas condições seleccionar uma correia que trabalhe nas melhores condições de economia, com secção de carga pràticamente constante e boa repartição de esforços sobre toda a sua largura. Evitam-se também momentâneas cargas exageradas da correia, com as probabilidades de transbordo do material e as correspondentes injúrias dos seus bordos.

No caso das correias inclinadas vimos já, ao tratar das inclinações admissíveis, como a descontinuidade da alimentação pode provocar diminuição das possibilidades de trabalho.

Para carregar uma correia em boas condições por meio de uma caixa de carga, a largura da boca desta deve ser, aproximadamente, ¾ da largura da correia (fig. 37).

Nos locais de carga, e para permitir uma boa distribuição desta sobre a correia, sem

transbordo de material, instalam-se guiadeiras, de madeira ou chapa (fig. 37). O seu comprimento óptimo varia entre 3 e 4 vezes a largura da correia, e a distância entre elas deve ser igualmente de ¾ desta largura. A parte inferior das guiadeiras deve ser inclinada em relação à correia, distando na ponta entre 8 e 10 cm desta; isto para permitir que, devido ao movimento da correia, se solte qualquer bloco de material que porventura tenda a entalar-se entre a correia e a guiadeira.

A centragem da carga pode ainda ser ajudada por meio de esperas inclinadas, colocadas na parte interior das guiadeiras (fig. 37).

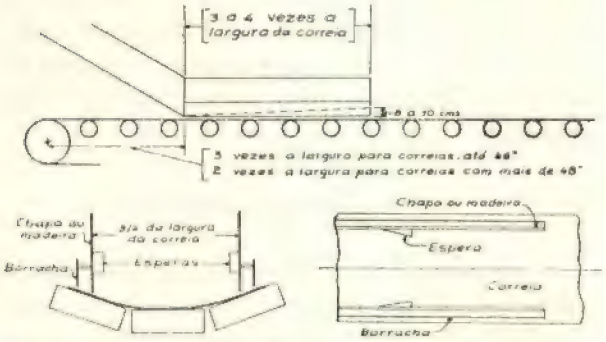


Fig. 37

Exteriormente às guiadeiras, ou constituindo a sua parte inferior, podem colocar-se tiras de borracha, pràticamente em contacto com a correia, com o fim de evitar o transbordo do material fino que passa por baixo das guiadeiras (fig. 37). É de notar que a borracha, para este fim, deve ser sempre maciça. A tendência quase geral que se observa de utilizar para o efeito tiras de correia velha é absolutamente reprovável, pois as partículas de material introduzem-se parcialmente entre as respectivas telas, fixam-se e passam a trabalhar como ferramentas cortantes, riscando e por vezes abrindo golpes profundos na cobertura da correia.

Os pontos de carga, nas correias em fundo de masseira não se devem aproximar muito do tambor da cauda da correia, ou seja da zona em que esta passa de plana a encurvada. Compreende-se que nesta zona a correia está sujeita a tensões particulares que seriam agravadas pelos esforços originados pela queda dos materiais sobre ela. A distância mínima a que os pontos de carga devem ficar do eixo do tambor da cauda são, aproximadamente, 3 vezes a largura da correia para correias até 48" e 2 vezes essa largura para correias de maior dimensão (19) (fig. 37).

O que torna os locais de carga pontos especialmente delicados do transportador é a possibilidade de golpeamento da correia por impacto do material a transportar, principalmente se este é graúdo e abrasivo. São sempre de temer os golpes da cobertura da correia, com os inconvenientes imediatos de infiltração de humidade e apodrecimento das telas.

Para diminuir a velocidade de queda dos blocos sobre a correia pode, no caso de alimentação por caixa de carga, colocar-se na boca desta, suspensa, uma cortina de correntes, de tubos, de tubos com mangas de mangueira velha (se o material se desvaloriza por fragmentação), etc.

Se o material a transportar é heterogéneo, com grande quantidade de finos, pode usar-se a solução indicada na fig. 38 (19), pela qual se consegue que os grandes blocos caiam sobre uma almofada de finos.

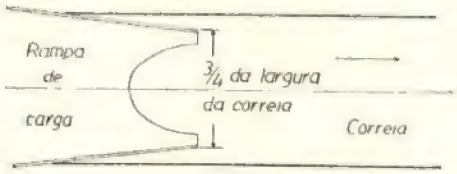


Fig. 38

Para evitar o efeito de golpeamento da correia e se esta só está equipada com roletes normais nunca se coloca um jogo de roletes debaixo do ponto de incidência do material. Este deve tocar na correia no intervalo entre dois roletes.

Mesmo assim, na zona de queda dos blocos a correia está sujeita a fortes tensões momentâneas e flecções exageradas e bruscas sobre os roletes vizinhos e, como quanto mais esticada está mais apta se encontra a

ser golpeada, mesmo com estas precauções os golpes acabam sempre por aparecer [1].

A melhor solução para proteger as correias nos pontos de carga é utilizar, sob estes pontos, jogos de roletes especiais, à prova de impacto, os quais podem ser de tipos variados. A realização mais simples consiste em jogos de forma semelhante à dos jogos normais, mas em que os roletes têm uma manga de borracha, com a espessura de 1,5 a 2,0 cm; uma variante consiste em substituir estas mangas por uma série de anéis de borracha, encostados uns aos outros ou pouco afastados (fig. 39). Soluções mais aperfeiçoadas substituem estes anéis por pneumáticos.

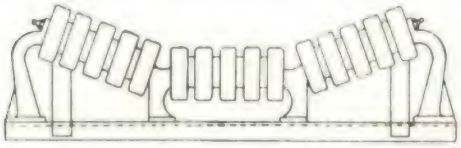


Fig. 39

Estes jogos de roletes, colocados directamente debaixo do ponto de queda do material, absorvem grande parte do impacto provocado por este e evitam, por outro lado, sobretensões momentâneas exageradas da correia nos pontos de incidência dos blocos. Estes jogos de roletes, para funcionamento eficiente, devem montar-se em baterias de, pelo menos, 5 jogos, o mais perto possível uns dos outros.

O facto de com jogos de roletes com os seus eixos no mesmo plano transversal não se conseguir mais que criar zonas transversais elásticas, separadas umas das outras por uma distância sensìvelmente igual ao diâmetro dos roletes, está a levar à construção de jogos com o eixo horizontal recuado, de modo a permitirem maior aproximação entre si e tenderem mais para a realização de uma base elástica contínua, sob o ponto de carga, solução ideal para o problema.

[1] É de aconselhar, por estes factos, usar esticadores de contrapeso sempre que o material que carrega a correia é grosseiro.

O caso dos transportadores de correia em que a carga se não faz na direcção do seu movimento é, duma maneira geral, o caso dos transportadores carregados manualmente, ou à pá (pedreiras, minas, etc.). É óbvio insistir nas desvantagens que este método de carga acarreta para a conservação da correia. Para diminuir os perigos de transbordo de material e queda de blocos sobre os bordos, estes transportadores costumam ser protegidos, em toda a extensão de carga, com chapas laterais um pouco inclinadas, cobrindo os bordos da correia e constituindo, por assim dizer, uma tremonha contínua.

Seria de grande vantagem, nestes transportadores, a utilização de jogos de roletes à prova de impacto. Porém, teriam que se utilizar em número bastante elevado e, como são bastante mais caros que os jogos de roletes normais, o seu preço limita o seu emprego.

XXV — Descarga das correias

A maneira mais simples de efectuar a descarga dum transportador de correia consiste em deixar sair livremente o material pelo tambor extremo.

Pode, porém, convir que a descarga se faça lateralmente. Se assim for, podem usar-se dois sistemas: o primeiro, utilizável apenas para correias planas, consiste em fazer a descarga por meio de um anteparo oblíquo (ou em forma de quilha, para permitir descarga simultânea para os dois lados) colocado sobre a correia (fig. 40); o

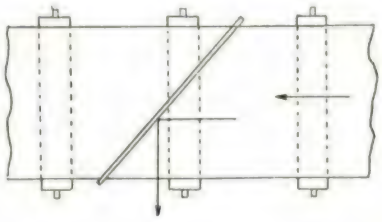


Fig. 40

segundo, utilizável para correias planas e em fundo de masseira, consiste nos descarregadores de tambores (fig. 41).

O primeiro destes casos provoca sempre, como é evidente, um certo desgaste da correia, não sendo pois de aconselhar para materiais de certa abrasividade. As vantagens destes descarregadores, que podem ser fixos ou móveis, são não exigirem potência adicional apreciável, ocuparem espaço reduzido e não necessitarem elevação da carga.

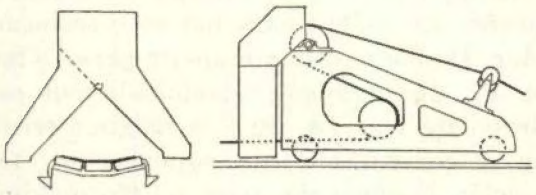


Fig. 41

Os descarregadores de tambores, de cujo consumo de potência já falámos, podem ser fixos ou móveis. Estes últimos, bem como os tipos móveis de descarregadores de anteparo, deslocam-se em carris colocados sobre a estrutura. Podem ser movidos à mão, por meio de motor eléctrico independente, ou por meio da própria correia transportadora; nos impulsionados à mão o movimento é transmitido por manivela e respectivas engrenagens de desmultiplicação; os de motor independente recebem geralmente a corrente por meio de «trolley»; os accionados pela própria correia têm a marcha inversa,

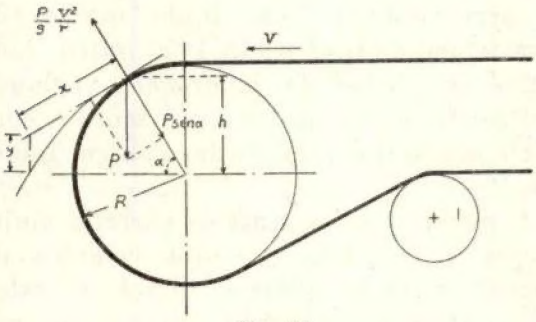


Fig. 42

quer manual, quer automática, por meio de sistemas de engrenagens apropriados. Excepto nos tipos pequenos e nos totalmente automáticos, todos costumam dispor de uma plataforma para o operador.

Os descarregadores de tambores, fixos ou móveis, têm possibilidade de lançar o material para qualquer dos lados da correia (ou mesmo para sobre a própria correia, se tal convier), bastando para isso que a sua caixa de descarga tenha sido preparada para tal.

Convém algumas vezes conhecer a trajectória que segue o material descarregado por uma correia, para localização conveniente da tremonha de descarga respectiva.

Seja um tambor de raio R, de descarga de uma correia horizontal (fig. 42), trabalhando à velocidade V. Fazendo-se a descarga devido à força centrífuga, a altura $h = R \operatorname{sen}\alpha$ a que começa a descarga duma partícula de peso P é determinada pela equação

$$\frac{P}{g} \times \frac{V^2}{R} = P \operatorname{sen} \alpha$$

ou

$$\operatorname{sen} \alpha = \frac{V^2}{gR}$$

donde

$$h = R \operatorname{sen} \alpha = \frac{V^2}{g}$$

A parábola de queda determina-se pelas equações conhecidas:

$$x = Vt \, , \; y = \frac{1}{2} gt^2$$

donde

$$y = \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{V^2} x^2 = \frac{x^2}{2h}$$

Se os tambores não são muito grandes, ou a velocidade é elevada, a queda começa geralmente no cimo do tambor, isto é, $h = R$.

Para correias inclinadas o caso também não tem dificuldade de maior.

XXVI — Determinação das características fundamentais de uma correia transportadora

Ao projectar uma correia transportadora é necessário arbitrar uns certos dados e características fundamentais, dos quais são consequência os restantes elementos e características do transportador, isto é, há que

assentar numa dada largura de correia, e correspondente velocidade, capazes de realizar o transporte horário pretendido, e seleccionar o tipo de cabeça motora.

No caso de correias em fundo de masseira, já vimos que a largura da correia pode ser imposta pelas dimensões e composição granulométrica do material a transportar (Quadro II) e pela tensão máxima calculada para a correia. Por seu lado, a velocidade, que pode depender do tipo especial de trabalho a realizar, é limitada pelas características do material a transportar (Quadro III).

Duma maneira geral, desde que não estejamos dentro do campo de nenhuma destas limitações, temos possibilidade de conseguir uma dada capacidade horária de transporte de inúmeras maneiras, jogando convenientemente com a largura e velocidade da correia, factores da sua capacidade.

Geralmente o mais económico é trabalhar com a correia mais estreita e a velocidade mais elevada que permitam boas condições de carga e não acarretem dano para o material transportado. Porém, as propriedades do material a transportar podem impor uma velocidade mais baixa e, consequentemente, maior largura da correia. Igualmente, se o tamanho dos blocos ou a granulometria do material a transportar impõem uma maior largura de correia, a velocidade deve ser reduzida até ao ponto em que a correia atinja a secção máxima de carga normalmente admissível. Este facto é da máxima importância, pois permite uma melhor repartição das tensões por toda a largura da correia, uma melhor distribuição do desgaste nesta e, consequentemente, uma sua maior vida.

No caso das tensões de serviço serem muito elevadas e exigirem um número de telas superior ao máximo admissível para boas condições de trabalho com correias encurvadas (Quadro XVI), é necessário aumentar a largura de correia prèviamente estabelecida; neste caso nem sempre é possível diminuir a velocidade de trabalho, para se conseguirem secções rectas próximas do máximo normal, facto porque alguns transportadores muito longos e de grandes capacidades têm que trabalhar a grandes velocidades, com correias não totalmente carregadas, para diminuir as tensões nestas; compreende-se o facto visto saber-se que uma diminuição de velocidade acarreta um aumento de esforço de tracção e, consequentemente, da tensão máxima na correia.

A outra questão fundamental é a da escolha do tipo de cabeça motora mais conveniente, uma vez conhecido o esforço de tracção necessário para mover o transportador. De facto, duma maneira geral, a tensão T_1, directamente relacionada com esse esforço de tracção, ou é a máxima tensão que a correia tem de suportar ou tem apreciável influência nessa tensão máxima. Nestas condições, a selecção dum dado tipo de cabeça motora, ou seja a adopção de um dado valor para o produto $\mu\alpha$, está em geral directamente relacionada com a fixação das características da correia a adoptar; ora, como o preço desta depende das suas características e a correia é pràticamente a única parte do transportador sujeita a desgaste, a resolução do problema traduz-se no maior ou menor custo de manutenção do transportador.

Temos então a considerar, por um lado, os custos da primeira instalação, gradualmente crescentes, de várias soluções de cabeças motoras: tambor único liso, tambor de arrastamento único liso com tambor auxiliar, tambor de arrastamento único revestido com tambor auxiliar, duplo tambor de arrastamento liso, duplo tambor de arrastamento revestido. Por outro lado temos os custos de laboração, variando dentro de certa medida em sentido contrário aos custos iniciais das cabeças motoras.

A menos que se trate de correias muito longas e exigindo elevados esforços de tracção, para as quais a adopção de cabeças motoras mais aperfeiçoadas é uma imposição de construção (por necessidade de não exceder características limites de resistência da correia) ou representa pequena percentagem dos custos de primeira instalação, a resolução do problema varia com o caso concreto apresentado, havendo que ponderar, para cada um destes, a influência

dos vários factores em jogo: custo da primeira instalação, custo de manutenção, serviço a que se destina o transportador, características de durabilidade desse serviço, tipo de material a transportar.

Nunca se deve esquecer também que os tipos mais perfeitos de cabeças motoras, no que respeita à transmissão do esforço de tracção, são também os mais complicados no que respeita à sua mecânica e afinação; sobre o assunto já falámos bastante ao fazer o estudo das cabeças motoras.

Também, por outro lado, há que atender ao facto de, nas cabeças com duplo tambor de arrastamento, a correia atacar um tambor com a sua face de carga e sob tensão elevada; nestas condições exige-se perfeita aplicação de aparelhos de limpeza da correia, principalmente no caso de materiais que aderem a esta com grande facilidade.

No caso do tambor de arrastamento único com tambor auxiliar, embora este seja atacado pela face de carga da correia, os inconvenientes de possível desgaste não são tanto de temer porque a correia tem, nesse ponto, tensão pouco elevada.

XXVII — Montagem das correias pròpriamente ditas

A montagem da correia pròpriamente dita, embora pareça à primeira vista uma operação sem importância, requer cuidados especiais porque dela dependem, em grande parte, as boas condições de trabalho do transportador e, consequentemente, a vida da correia.

Sempre que possível, a bobina contendo a correia a instalar deve ser montada num eixo provisório colocado paralelamente aos eixos dos tambores do transportador, tendo-se o cuidado de verificar se, ao desenrolar a correia e ao estendê-la sobre os roletes, a face de carga fica na posição devida (as correias costumam vir enroladas nas bobinas com a face de carga para fora).

Embora estas observações possam talvez parecer ridículas, o facto é que muitas vezes uma operação precipitada, desenrolando-se a correia na posição contrária ao que deve ser, obriga depois a tornar a enrolá-la de maneira defeituosa ou a virá-la sobre o transportador, com todos os inconvenientes de dobras forçadas desnecessárias e, porventura, mesmo feridas na correia feitas por alavancas auxiliares do trabalho. Depois de a correia estar desenrolada, devem desmontar-se os jogos de roletes numa extensão de uns 10 metros, para se obter, sobre o tabuleiro do transportador, espaço conveniente para fazer a emenda.

As duas extremidades livres são então apertadas com as duas prensas do esticador de emendas (fig. 43). Estas devem ser colocadas fazendo ângulos o mais rigorosamente possível rectos com o eixo da correia.

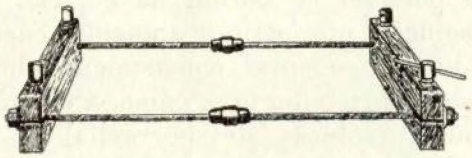


Fig. 43

Aperta-se depois o esticador até desaparecer a frouxidão da correia no ramo de retorno do transportador; corta-se então a correia, com os cuidados indispensàveis para que as duas extremidades cortadas fiquem rigorosamente em esquadria com o seu eixo. Metem-se os ligadores, para maior facilidade martelando-os sobre uma travessa de ferro de meia cana, que obriga logo as respectivas pontas a dobrarem no sentido conveniente; substituindo depois aquela travessa por uma travessa plana acaba-se de bater a ligação e só então se retira o esticador de emendas.

Em correias sujeitas a tensões pequenas usa-se por vezes, depois de apontar os ligadores, sobre uma travessa de madeira por exemplo, retirar o esticador de emendas, rodar a correia até que a emenda fique no ramo de retorno e acabar então de bater os ligadores pela face interior. Tal prática, porém, não é aconselhável porque, embora a correia seja rodada cuidadosamente,

passando os tambores com precaução, origina-se sempre um certo dilaceramento das telas pelos dentes dos ligadores, diminuindo-se por isso, logo inicialmente, a vida da emenda.

Para auxiliar a perfeita esquadria dos cortes podem-se riscar nos dois extremos da correia e numa extensão de 3 a 4 metros os respectivos eixos, marcados por pontos equidistantes dos bordos. Feita a emenda, os dois eixos assim marcados deverão coincidir.

As emendas, deixando desprotegidas as extremidades cortadas da correia, são um dos pontos ideais para a entrada da humidade e apodrecimento das telas. A consequência é a vida da emenda ser muito inferior à da correia. Por esta razão, ao aplicar os ligadores, se estes são de tipo que permita tal prática, deve procurar-se ajustar o mais possível os bordos da correia. Uma boa solução, que permite aumentar bastante a vida das emendas, consiste em cobrir as faces de corte com uma camada de cola de borracha (solução de borracha), o que retarda bastante a entrada da humidade; depois de feita a emenda, os eventuais intervalos entre as duas pontas tapar-se-ão também com a mesma cola.

No caso das emendas por vulcanização, devem ser tomadas também as devidas precauções para que nos cortes da correia as duas pontas fiquem em esquadria com o eixo da correia (ou fazendo com este ângulos iguais, consoante a técnica usada). As operações preliminares da emenda são idênticas às indicadas.

Ao efectuar as emendas, se o transportador tem esticador de acção descontínua, este deve ser colocado na sua posição de mínimo; de igual modo, se a correia tem esticador de contrapeso, este deve ser levantado. Isto para permitir à correia o máximo de alongamento sem necessidade de novas emendas.

Uma correia nova, depois de montada, apresenta sempre uma certa rigidez; particularmente nos transportadores em fundo de masseira não se adapta bem aos roletes, apoiando-se mal nos do centro. Para não sujeitar a correia a deformações defeituosas deve-se, sempre que possível, tê-la a trabalhar algum tempo em vazio, e depois a carga reduzida, que se irá aumentando até atingir a carga normal, quando já está perfeitamente ajustada ao transportador.

XXVIII — Alinhamento da correia

A boa centragem de uma correia transportadora é um factor essencial da economia da instalação. Pode dizer-se com segurança que uma grande parte das ruínas prematuras verificadas em correias transportadoras se devem à falta de alinhamento da correia.

Por efeito de descentragem da correia, é facílimo que os seus bordos venham a roçar em qualquer parte da estrutura resistente, nomeadamente os do ramo de retorno, arruinando a borracha das coberturas laterais e expondo-se as telas aos efeitos desastrosos da humidade. Além deste inconveniente, que é o mais importante, há também a considerar desigual repartição de carga na secção recta da correia e consequente irregularidade na distribuição das tensões internas, possibilidades de transbordo do material transportado, esforços oblíquos importantes sobre os roletes, o que sempre afecta o seu perfeito funcionamento, consequente desgaste destes e da correia e, como consequência de tudo isto, maior potência consumida.

Uma das causas mais frequentes de mau alinhamento da correia consiste em, ao fazer a emenda, as extremidades da correia não terem sido cortadas em esquadria com o seu eixo. Quando a causa é esta o diagnóstico não é difícil, pois se observa que é sempre o mesmo ponto da correia pròpriamente dita que tende a desalinhar-se em qualquer ponto do transportador, o que geralmente ocasiona que outro ponto da correia tenda a desalinhar-se em sentido oposto.

Se, pelo contrário, a correia tende, na sua volta completa, a manter-se desalinhada no mesmo ponto do transportador, o defeito não está na correia pròpriamente dita, mas sim no mau alinhamento dos jogos de roletes ou da estrutura. Partindo do prin-